

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Přesyp pásových dopravníků

Transfer Point of Belt Conveyors

Student:	Radek Kowol
Vedoucí bakalářské práce:	prof. Ing. Josef Jurman, CSc.
Konzultant:	Ing. Leo Boháč

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Kowol**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: Přesyp pásových dopravníků
Transfer Point of Belt Conveyors

Zásady pro vypracování:

Navrhnete úpravu přesypů důlních pásových dopravníků s cílem snížení prašnosti v prostoru přesypu. Zpracujte přehled technických řešení přesypů a způsobů snižování prašnosti. Zpracujte koncepční návrh a konstrukční návrh úpravy včetně potřebných výpočtů. Zpracujte zkrácenou výrobní dokumentaci úpravy.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
CVEKL, Z. – DRAŽAN, F. *Teoretické základy transportních zařízení*. 1. vydání, Praha: SNTL, 1976. 319 s.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012
Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5. 2013


..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.5.2013
.....


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Radek Kowol

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Horní Lomná 134

Horní Lomná, 739 91

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KOWOL, R. *Přesyp pásových dopravníků: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 66 s. Vedoucí práce: Jurman, J.

Hlavním tématem bakalářské práce je návrh úpravy přesypů důlních pásových dopravníků za účelem snížení prašnosti. První kapitola popisuje pásové dopravníky jako takové a jejich konstrukční řešení v prostředí hlubinných dolů. Následující kapitola se zabývá přesypy pásových dopravníků, jejich problematikou a komplikacemi, které je provází. Třetí kapitola shrnuje problematiku prachu a prašnosti. Co je to prach, jak vzniká, jaké má vlastnosti a účinky. V závěru kapitoly je rozebíráno téma eliminace prachu a snižování prašnosti. Pro konstrukční řešení úpravy dopadové stolice jsem vybral možnost omezení prachu utěsněním přesypu. Návrh se zabývá spodní částí přesypu a zahrnuje návrh řešení a konstrukční návrh utěsnění impaktní dopadové stolice dvojčinným těsněním. To má dobré těsnicí vlastnosti, schopnost zachytit prach a nezvyšuje opotřebení pásu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KOWOL, R. *Transfer point of belt conveyors: bachelor thesis*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 66 p. Supervisor: Jurman, J.

The main theme of the bachelor thesis is the adjustment design of the transfer point of mining belt conveyors in order to reduce dust nuisance. The first chapter describes the conveyor belts as such and their design solutions in the underground mines environment. Next chapter discusses the types of transfer point, their technical solution and problems which can occur during the application. The third chapter summarizes information about dust and dust nuisance. It talks about what dust is, how it accrues, what are its characteristics and effects. At the end of the chapter the topic of the dust elimination and dust reduction is analysed. I have chosen the method of the transfer point sealing in order to eliminate dust occurrence. The design contains only bottom of the transfer point of the belt conveyor. It includes the proposed solution and design which is sealing of the transfer point by using the impact bed with conveyor impact bars. The whole impact bed is covered and sealed completely. To seal the impact bed I have chosen a longitudinal double-acting seal which has good sealing qualities. It catches dust and it doesn't increase abrasion of the conveyor belt.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK	8
1 ÚVOD	10
2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY	11
2.1 ROZDĚLENÍ PÁSOVÉ DOPRAVY	11
2.2 VÝHODY A NEVÝHODY PÁSOVÉ DOPRAVY	12
2.3 APLIKACE PÁSOVÉ DOPRAVY DO PODMÍNEK HLUBINNÝCH UHELNÝCH DOLŮ.....	13
2.4 KONSTRUKČNÍ ČÁSTI PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ VYUŽÍVANÝCH V HLUBINNÝCH DOLECH, PŘEDEVŠÍM PRO TĚŽBU ČERNÉHO UHLÍ	13
3 PŘESYPOVÉ ZAŘÍZENÍ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	24
3.1 PŘESYP	25
3.2 NÁSYPKA	26
3.3 DOPADOVÁ STOLICE	26
3.4 KOMPLIKACE PŘESYPOVÝCH ZAŘÍZENÍ	30
4 PRACH	31
4.1 VZNIK A VLASTNOSTI PRACHU	32
4.2 PRAŠNOST A PŘÍČINY PRAŠNOSTI	34
4.3 ÚČINKY PRACHU A JEHO NEBEZPEČÍ.....	34
4.4 DOBA VÝSKYTU PRACHU VE VZDUCHU	37
4.5 MOŽNOSTI OMEZENÍ PRAŠNOSTI	40
5 KONCEPČNÍ NÁVRH UTĚSNĚNÍ PŘESYPOVÉ STOLICE.....	43
5.1 VOLBA METODY ZAMEZENÍ ÚNIKU PRACHU	43
5.2 DOPADOVÁ STOLICE	46
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	49
6.1 DOPADOVÁ STOLICE S IMPAKTNÍMI TYČEMI	49

6.2	ZATĚSNĚNÍ DOPADOVÉ STOLICE	51
6.3	NAVAZUJÍCÍ KRYTÍ A ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ	52
7	KONTROLA NAPĚTÍ V NOSIČI IMPATKNÍCH TYČÍ.....	54
7.1	ZJEDNODUŠENÍ MODELU	54
7.2	ZATĚŽUJÍCÍ SÍLY.....	54
7.3	MATERIÁL.....	57
7.4	VAZBY.....	57
7.5	DOTYKY	58
7.6	SÍŤ.....	58
7.7	VÝSLEDKY SIMULACE	59
7.8	VÝSLEDNÉ HODNOTY	61
7.9	VYHODNOCENÍ.....	61
8	ZÁVĚR	62
9	LITERATURA	63
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	64
11	SEZNAM TABULEK	65
12	SEZNAM GRAFŮ	66
13	SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE	66
14	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

Značka	popis	jednotka
A	konstanta	[-]
B	šířka dopravního pásu	[mm]
F_{1TC}	tíhová síla jednoho celku impaktních tyčí včetně podpůrného nosníku v délce dopadové stolice	[N]
F_4	síla působící na čtyři patky nosiče	[N]
F_8	síla působící na osm patek nosiče	[N]
F_D	maximální dynamická síla působící na jeden nosič	[N]
F_{M1}	tíhová síla materiálu na jeden nosič	[N]
F_{P1}	tíhová síla působící od krycích plechů na jeden nosič	[N]
F_{PC}	tíhová síla působící od krycích plechů	[N]
F_{T1}	tíhová síla jedné impaktní tyče působící na jeden nosič	[N]
F_{T8}	tíhová síla působící na osm patek nosiče od impaktních tyčí	[N]
Fr	obsah fibrogenní složky v respirabilní frakci	[%]
L_d	délka pásového dopravníku	[m]
L_s	délka dopadové stolice	[m]
P	výkon	[kW]
Q	dopravní výkon	[m ³ ·s ⁻¹ , m ³ ·h ⁻¹]
V	objem	[m ³]
d	průměr prachového zrna	[μm]
g=9,81	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
h	výška	[m]
m_p	celková hmotnost krycích plechů	[kg]

Značka	popis	jednotka
m_{TC}	hmotnost jednoho celku impaktních tyčí	[kg]
q	měrná hmotnost	[kg·m ⁻¹]
r	poloměr prachové částice	[m]
r_v	poloměr válečku	[mm]
s	dráha	[m]
t	doba pádu	[s]
v_d	rychlost pásového dopravníku	[m·s ⁻¹]
v_{d1}	rychlost pásového dopravníku 1. rychlostní stupeň	[m·s ⁻¹]
v_{d2}	rychlost pásového dopravníku 2. rychlostní stupeň	[m·s ⁻¹]
v_k	mezní rychlost dopravy pro odpoutání těživa od pásu	[m·s ⁻¹]
v_p	rychlost pádu částice	[m·s ⁻¹]
β	sklon bočních válečku	[°]
ε	úhel stoupání pásové dopravy	[°]
ρ	objemová hmotnost	[kg·m ⁻³]
η	dynamická viskozita prostředí	[Pa·s]
σ	měrná hmotnost částice	[kg·m ⁻³]
λ	střední volná dráha molekul prostředí	[m]

1 ÚVOD

Při procesu dobývání, dopravování, upravování a zpracování nerostných surovin jako je uhlí, rudy, či jiné horniny a materiály, vždy dochází k vývinu prachu. Tento prach se tvoří ať již v menší nebo větší míře v celém tomto procesu. Ne vždy prach můžeme omezit při jeho vývinu nebo zviřování do vzduchu. A nejen při nepříznivých povětrnostních podmínkách se prach zviřuje do ovzduší a zvyšuje prašnost prostředí. Proti prachu a prašnosti je zapotřebí bojovat, neboť způsobuje celou řadu potíží a nebezpečí. Od nepříznivého vlivu na lidský organismus přes poškozování hmotného majetku po nebezpečí požárů a výbuchů, obzvláště hořlavých materiálů.

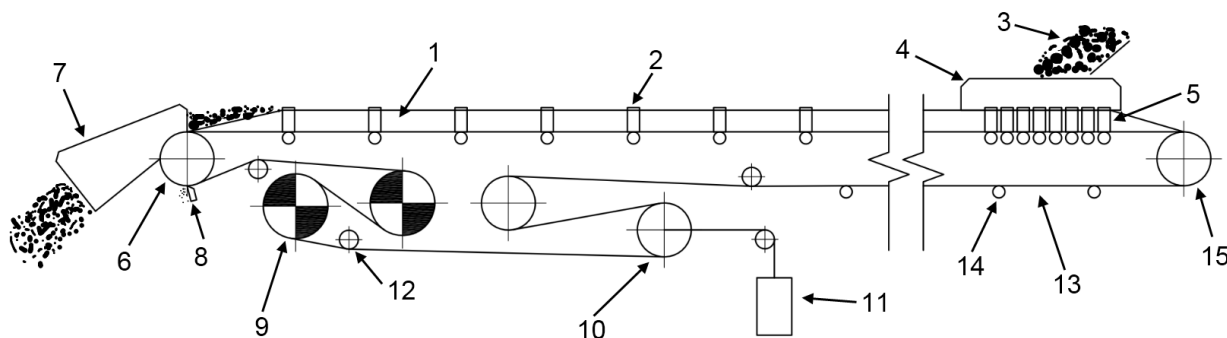
Bezpečnostní rizika platí pro dobývání nerostů v hlubinných dolech obzvláště. Pracuje se zde ve stísněných podmínkách hluboko pod zemí. Každé bytí sebemenší nebezpečí požáru či výbuchu je velice vážné. Vliv prachu na lidský organismus v uzavřených prostorech je také značný a s přibývajícím časem stráveným v prašném prostředí se zvyšuje riziko onemocnění ne jen dýchacích cest.

Doprava materiálu pásovými dopravníky je velice běžná a využívaná v mnoha promyslových odvětvích. To je dáno také vysokými dopravními výkony a ekonomikou provozu pásové dopravy. Zcela běžně jsou pásové dopravníky využívány také v hlubinných dolech. Správně navržená a využívaná pásová doprava napomáhá ke snižování prašnosti jako takové. Je ale potřeba dbát krytí tratě dopravníku, zvláště v místech vyšších rychlostí důlních větrů. Největším přispěvatelem k prašnosti při pásové dopravě jsou přesypy pásových dopravníků, kde se může prach uvolňovat a dostávat do vzduchu ve velké míře.

Zadáním bakalářské práce je návrh úpravy přesypu důlních pásových dopravníků za účelem snížení prašnosti. Proto je nutno vybrat správný způsob eliminace prachu z několika možných. K tomu je posléze zapotřebí utvořit správný koncepční a konstrukční návrh, který bude splňovat všechny předpoklady pro zabránění vzniku nebo zvyšování prašnosti. Dalšími aspekty, na které je zapotřebí klást důraz je také životnost daného řešení, zajištění snižování opotřebení funkčních částí dopravníku, především dopravního pásu a napomáhat bezpečnosti provozu celého zařízení.

2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

Pásový dopravník je dopravní zařízení, jehož unášecím a zároveň tažným prvkem je nekonečný dopravní pás. Nekonečný dopravní pás obíhá mezi hnacím bubnem (poháněcí stanicí) nebo výsypným bubnem a vratným bubnem. Pásový dopravník je doplněn o další konstrukční prvky potřebné pro jeho provoz [2]. Typické konstrukční řešení pásového dopravníku i s jeho přídatnými prvky je znázorněno na obr. 1.



Obr. 1 Pásový dopravník

1 - horní větev dopravního pásu, 2 - horní válečky, 3 - dopravovaný materiál, 4 - násypka, 5 - dopadová stolice, 6 - výsypný buben, 7 - přesyp pásového dopravníku, 8 - čistič pásu, 9 - poháněcí stanice, 10 - napínací zařízení, 11 - závaží pro gravitační napínání, 12 - naváděcí buben, 13 - spodní vratná větev, 14 - dolní válečky, 15 - vratný buben

Primární určení pásových dopravníků je přímočará, plynulá doprava sypkých materiálů a to na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti. Za určitých podmínek může být pásových dopravníků využito pro přepravu kusového materiálu a osob. Největší výhodou je vysoký dopravní výkon. Maximální úhel dovrchní dopravy může být 18° a maximální úhel úpadní dopravy je -12° [1]. S využitím speciálních pásů a konstrukcí je možno dosáhnout i většího úhlu stoupání [9].

2.1 Rozdělení pásové dopravy

Pásovou dopravu můžeme dělit podle sklonu dopravy, účelu využití dopravního zařízení a jeho funkce.

Sklon tratě [9] významně ovlivňuje technické řešení dopravníku a projevuje se především ve výpočtech potřebných sil pro přepravu materiálu a výkonu poháněcí stanice.

- Dopravníky vodorovné ($-3^\circ < \epsilon < 3^\circ$),
- šikmé dopravníky:
 - dovrchní ($3^\circ < \epsilon < 18^\circ$),
 - úpadní ($\epsilon < -3^\circ$),
 - strmé ($\epsilon > 20^\circ$).

Norma ČSN 26 0001. *Dopravní zařízení: Názvosloví a rozdělení*. rozděluje pásovou dopravu do tří skupin:

- dálkové pásová doprava,
- technologické pásové dopravníky,
- jednoúčelové pásové dopravníky.

Dálková pásová doprava je charakterizována [2]: velkým dopravním výkonem, velkou délkou dopravníku, větší šířkou dopravního pásu, vyšší dopravní rychlostí. Typické parametry určující dálkovou pásovou dopravu jsou:

- dopravní výkon $Q > 2000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,
- délka dopravníku $L_d > 200 \text{ m}$,
- šířka dopravního pásu $B > 1200 \text{ mm}$,
- rychlost dopravy $v_d > 3,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Je potřeba vždy posoudit co je dálková pásová doprava podle místních podmínek daného provozu a umístění dopravníku. Vždy rozhoduje celkový charakter pásového dopravníku.

Pro technologické pásové dopravníky je typické, že svou funkcí plní požadavky pro dopravu mezi výrobními, skladovacími, nakládacími a jinými místy výrobního procesu.

2.2 Výhody a nevýhody pásové dopravy

Hlavními výhodami pásové dopravy, oproti jiným způsobům dopravy materiálů, jsou [1]:

- plynulá doprava s vysokým dopravním výkonem,
- velká vzdálenost dopravy (3-15 km) [9],
- nízké pohybové odpory,
- energetická úspora,
- spolehlivost,
- jednoduchost konstrukce umožňující snadnou montáž a demontáž.

Mezi nevýhody pásové dopravy se řadí především:

- velký počet rotujících částí, což klade vyšší požadavky na údržbu,
- potíže s přepravou lepivých a abrazivních materiálů.

2.3 Aplikace pásové dopravy do podmínek hlubinných uhelných dolů

Díky zavedení hřeblových dopravníků v porubech vznikla nutnost ražení směrných přípravných děl pro zachování konstantní délky porubu. To přispělo ke snadnějšímu a rychlejšímu zavádění pásových dopravníků do prostředí hlubinných dolů [3].

Základní konstrukce je totožná jak pro pásové dopravníky v hlubinných dolech tak pro všechny ostatní pásové dopravníky. Pro využití dopravníků v dolech jsou, ale využívány jen určité šířky pásů a rychlosti dopravy. Tyto důlní dopravníky zpravidla nedosahují tak vysokých dopravních výkonů jako dopravníky na povrchu.

V důlním prostředí se nacházejí všechny tři již výše uvedené typy dopravníků. Pojmenování je odvozeno od jejich funkce v dole.

- Hlavní dopravníky – sběrné dopravníky, slouží pro přepravu hmot na daném patře. Tyto dopravníky jsou stabilní a obvykle jsou ukotveny k betonovým patkám nebo zavěšeny u stropu na výztuži pomocí řetězů.
- Úsekové (podporubové) dopravníky – slouží pro dopravu hornin v úseku pod porubem. Tyto dopravníky se vždy postupně zkracují a přesouvají podle postupu práce těžby. Úsekové dopravníky musí být snadno rozebíratelné a přemístitelné.

2.4 Konstrukční části pásových dopravníků využívaných v hlubinných dolech, především pro těžbu černého uhlí

Vzhledem k zaměření hlubinných dolů našeho regionu na těžbu černého uhlí, vychází další popis pásové dopravy především z konstrukce a aplikace pásových dopravníků v prostředí černouhelných hlubinných dolů, kde může prakticky hrozit nebezpečí výbuchu metanu a uhoelného prachu. Proto jsou na tyto dopravníky kladeny vysoké nároky s ohledem na bezpečnost.

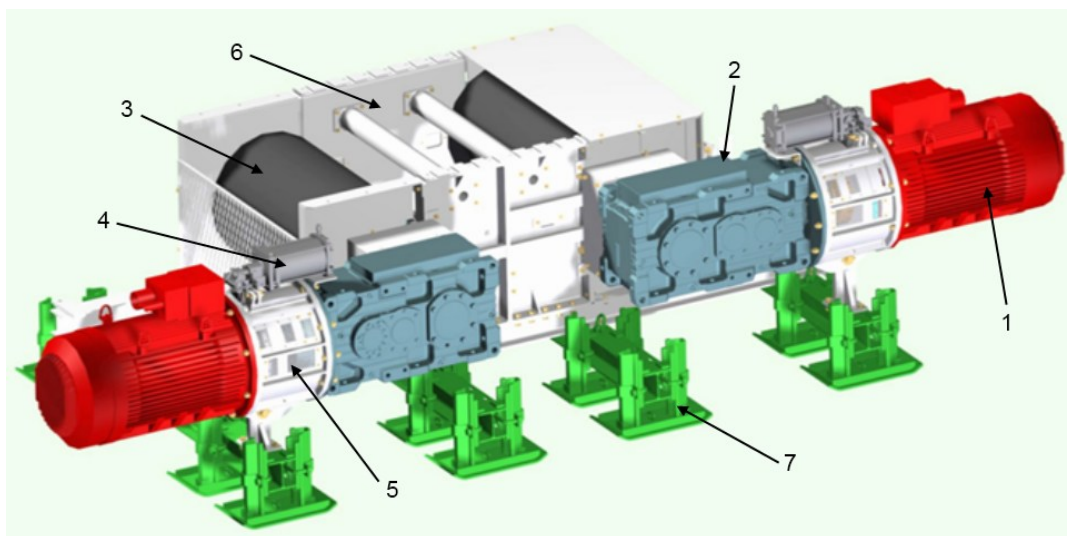
Pásové dopravníky se skládají z několika základních konstrukčních celků, které jsou navrhovány v různých variantách a obměnách pro každou aplikaci a využití. Konstrukční části pásového dopravníku jsou:

- poháněcí stanice,
- vratná stanice,
- napínací stanice,
- nosná konstrukce,
- dopravní pás,

- přesypové zařízení,
- doplňkové pomocné a přídavné zařízení.

2.4.1 Poháněcí stanice

Poháněcí stanice je velmi významné zařízení celého dopravníku [5]. Zajišťuje pohyb pásu s unášeným materiálem za pomoci třecí vazby mezi poháněcím bubnem a dopravním pásem. Konstrukce poháněcí stanice a její celky vyplývají z obr. 2 s dvoububnovou poháněcí stanicí.



Obr. 2 Poháněcí stanice [zdroj: Ostroj a.s.]

1 – elektromotor, 2 – převodovka, 3 – poháněcí buben, 4 – přímočarý pneumotor brzdy, 5 – kryt spojky a spojka, 6 – konstrukce poháněcí stanice, 7 – uložení stanice

Motor

Do hlubinných dolů jsou dodávány poháněcí stanice osazené asynchronními motory s kotvou na krátko v nevýbušném provedení nebo vzduchové motory. Obvyklejší jsou elektromotory. Výkony motorů pro pohon hlavní poháněcí stanice jsou (17-600) kW. Pro mezipohon dlouhých pásových dopravníků jsou používány výkony (100 - 600) kW.

Nevýhodou asynchronních motorů je nevhodná momentová charakteristika, která znesnadňuje rozběh zaplněného dopravníku. Tato nevýhoda může být řešena hydraulickou rozběhovou spojkou s postupným zaplňováním. Motor se rozbíhá naprázdno a spojka začne přenášet krouticí moment až od určitých otáček, kdy je moment motoru vhodnější [3]. Další možností zabránění nevhodného rozběhu motoru je elektronicky pomocí frekvenčních měničů a elektronickými řízeními.

Spojky

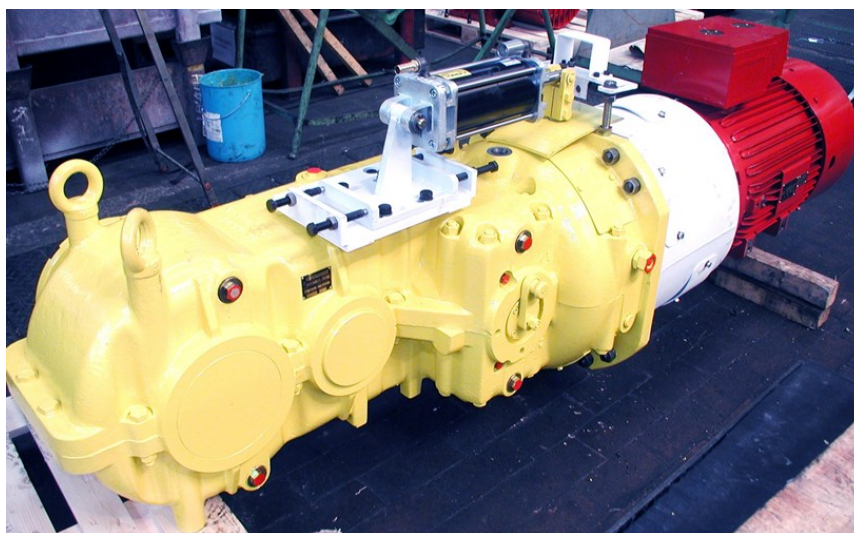
Jako rozběhová spojka je použita spojka hydraulická s postupným zaplňováním. Spojka také tlumí rázy spojené se změnou zatížení. Další výhodou hydraulické spojky je pojistná funkce proti přetížení. Místo hydraulické spojky je běžně využívána také jen pružná spojka. Pro spojení převodovky s poháněcím bubnem se používána pevná spojka například zubová.

Převodová skříň

Převodové skříně jsou konstruovány s čelním ozubením nebo kuželočelním ozubením podle umístění motoru, které může být podélní nebo příčné. Při využití příčného uložení je motor umístěn pod pásový dopravník. Toto řešení se využívá hlavně u menších dopravníků. Provedení převodovky může být jedno rychlostní nebo dvou rychlostní. Nejběžnější výstupní rychlostí je $v_d=3,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Řada využívaných rychlostí a příklady jejich kombinací ve dvourychlostních převodovkách jsou zapsány v tabulce 1. Typickou dvourychlostní převodovku můžeme vidět na obr. 3.

Tabulka 1 Rychlosti dopravníků

Řada rychlostí $v_d=[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 4,5; 5,0				
První rychlost $v_{d1}=[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	1,25	1,6	2	2,5	3,15
druhá rychlost $v_{d2}=[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	1,6	2	2,5	3,15	4



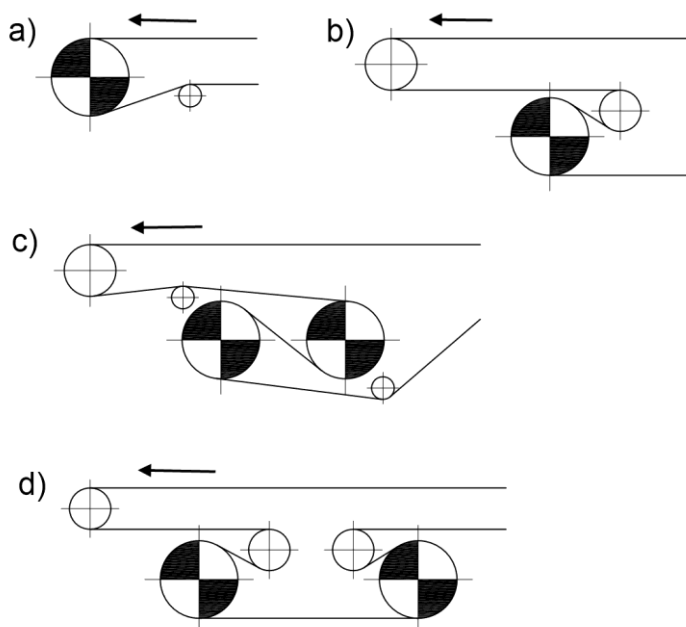
Obr. 3 Převodovka PKO 100 AZ [zdroj: Ostroj a.s.]

Brzda

Každá poháněcí stanice musí být vybavena brzdou. Brzda se umísťuje na vstupní hřídel převodovky. Systémů brzdy je několik. Těmi nejvyužívanějšími jsou elektromagnetická brzda a pneumatická brzda.

Poháněcí buben

Podle nutnosti jsou dopravníky osazovány od jednoho do čtyř motorů a pohon bubnu může být jednostranný nebo oboustranný. Maximální úhel opásání jednobubnového pohonu je 250° . Dvoububnový systém umožní docílit vyššího úhlu opásání do 450° . Běžně využívané uspořádání poháněcích bubnů je znázorněno na obr. 4.



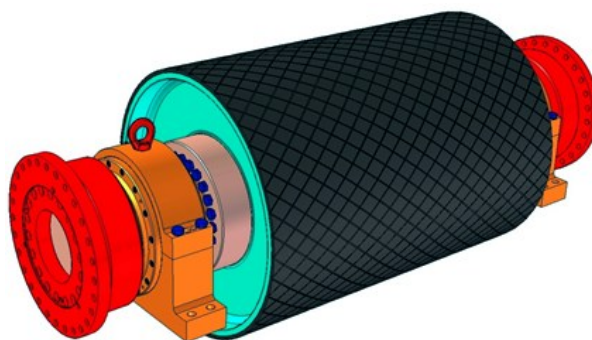
Obr. 4 Uspořádání poháněcích bubnů

Typy uspořádání poháněcích stanic vyobrazení na obr. 4 jsou následující:

- a) jednobubnová bez výložníku – hnací buben je zároveň výsypný, úhel opásání je v rozmezí od 180° - 220° . Využití u pomocných dopravníků.
- b) jednobubnová s výložníkem – poháněcí stanice je ukotvena bez ohledu na výsypný buben, který bývá nastavitelný. Úhel opásání dosahuje 250° .
- c) dvoububnový s výložníkem – také nazýván jako S pohon, možno dosáhnou úhlu opásání až 450° . Poháněcí stanice může být ustavena a ukotvena počvě a výsypný buben je samostatný. Nevýhodou je, že na poháněcí bubny nabíhá pás znečištěnou stranou a tím se snižuje koeficient tření.
- d) dvoububnová s dvěma převáděcími bubny – výhodou tohoto uspořádání je, že se znečištěná strana pásu nedostává do styku s poháněcím bubnem, ovšem za cenu většího ohýbání pásu.

Hnací bubny zajišťují přenos obvodové síly na dopravní pás. Jejich konstrukce je z pravidla svařovaná. Běhoun bubnu se vytváří ze svinutého ocelového plechu, ke kterému jsou navařena čela nesená hřídelí.

Pro lepší tření jsou povrchy bubnů upravovány. Úpravy mohou být drážkování povrchu bubnu nebo obložení hladkou či drážkovou pryží, jak je tomu na obr. 5 nebo nejvýhodnější způsob obložení bubnu keramickými obklady. Tyto úpravy umožňují přenos větších sil [3], lepší chování povrchu bubnu při znečištění, zamezení prokluzu pásu při zatížení dopravníku a při rozběhu.



Obr. 5 Poháněcí buben pro oboustranný pohon s úpravou povrchu drážkovanou pryží [zdroj: Ostroj a.s.]

Nejvýhodnější úpravou povrchu je obložení bubnu keramickými destičkami (obr. 6), které zajišťují nejlepší koeficient tření, stabilní tření i v mokré a znečištěném stavu a řadu dalších výhod. V tabulce 2 jsou zapsány hodnoty koeficientu tření mezi bubnem a pásem při úpravách povrchu a snižování koeficientu tření, když je buben mokrý nebo znečištěný.



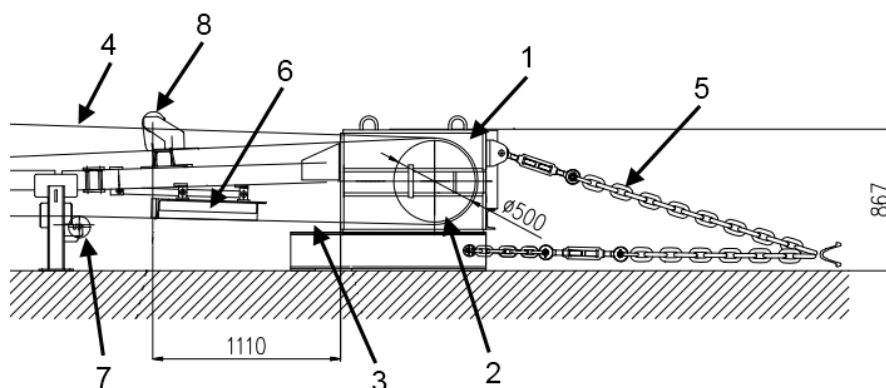
Obr. 6 Poháněcí buben s keramickým obložením [13]

Tabulka 2 Hodnoty součinitele tření [6,9]

Povrch bubnu	ocelový hladký	pogumovaný, šípové drážky	Keramické obložení, šípové drážky	Keramické destičky s výstupky
suchý	0,3-0,4	0,4-0,45	0,4-0,45	0,74-0,83
mokrý, čistý	0,1	0,35	0,35-0,4	0,48-0,78
mokrý, znečištěný	0,05-0,1	0,25-0,3	0,35	0,42-0,51

2.4.2 Vratná stanice

Vratná stanice je konečným článkem pásového dopravníku a mění směr dopravního pásu. Hřídel bubnu je uložena ve valivých ložiskách v ložiskových domcích. Upevnění je na konstrukci vratné stanice napevno, nebo pokud se jedná o kratší dopravník, kluzně a vratný buben slouží k napínání pásu. Schéma vratné stanice je znázorněno na obr. 7 [3].



Obr. 7 Vratná stanice pevná

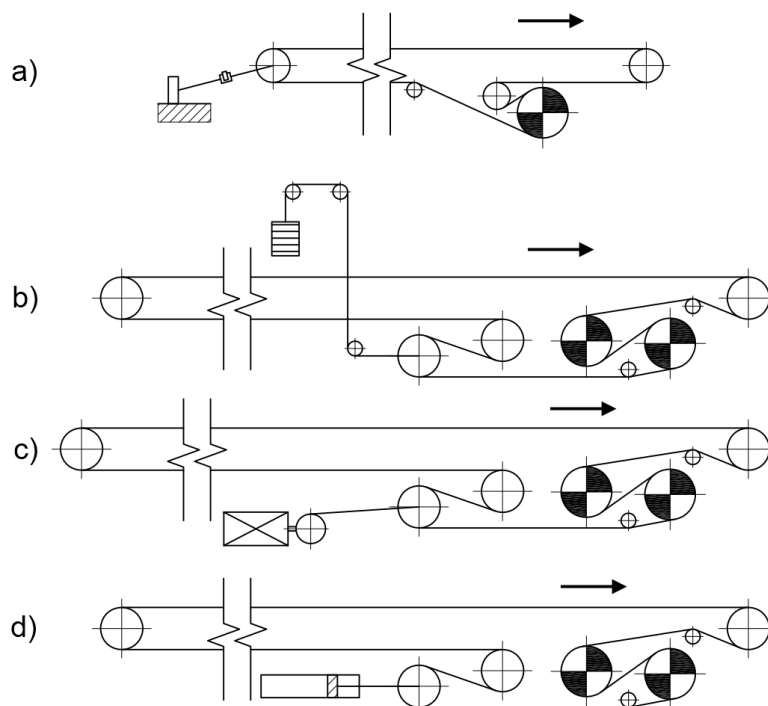
1 – vratná stanice, 2 – vratný buben, 3 – spodní vratná větev pásu, 4 – horní nosná větev pásu, 5 – kotvení stanice, 6 – stěrač vratné větve pásu, 7 – spodní váleček, 8 – horní přídržný váleček

2.4.3 Napínací stanice

Pro správnou funkci dopravníku musí být pás napnut, aby nedocházelo ke ztrátám přenosových sil. V praxi se napnutí pásu zajišťuje pomocí vratné stanice nebo pomocí samostatné napínací stanice. Zdvih napínacího zařízení se řídí podle procenta délky pásového dopravníku. Při použití pásu s textilní nebo syntetickou vložkou je to zhruba 1% - 2,5%. Pro pásy s ocelovou vložkou je to 0,3% - 0,4% [9].

Napínání pásu můžeme rozdělit podle způsobu vyvození potřebné síly na:

- tuhé – napnutí pomocí šroubu nebo jiného ručního systému obvykle na vratné stanici obr. 8 a),
- napnutí závažím – závaží napíná pás přes vratnou stanici nebo napínací stanici obr. 8 b),
- napnutí regulovatelné – napínací sílu je možné měnit a to buď ručně, nebo automaticky na napínací stanici, napínání může být vyvozováno vrátkem, přímočarými pneumatické motory nebo jiným systémem obr. 8 c), d).



Obr. 8 Schémata napínání dopravníku

Tuhé napínání

Napínání přes vratnou stanici dopravníku je možné použít jen u kratších dopravníků do délky zhruba 100 m [1]. Systém napínání pomocí vratné stanice neumožňuje udržovat napětí v pásu v daných mezích. Napínání pomocí vratné stanice může být realizováno:

- řehťákovými zvedáky,
- závažím,
- stavěcími šrouby,
- ruční hydraulické napínací zařízení.

Pružné a regulovatelné napínání

Delší dopravníky nebo dopravníky umístěné v úklonu vyžadují udržování předpětí v dané toleranci, proto jsou využívány napínací stanice. Napínací stanice udržují předpětí v pásu v určitých mezích a to při různém zatížení pásu dopravovaným materiálem a rozběhu celého dopravníku, aby byl zajištěn přenos obvodových sil na hnacích bubnech. Další výhodou napínacích stanic je jejich funkce jako zásobníku pásu, při změně délky dopravníku může být použito zásoby pásu v délce až 50 m.

Změna napínací síly je umožněna posuvným napínacím bubnem. Tato změna napínací síly je prováděna ručně nebo automaticky. Řešení napínání pásu přes napínací stanici je několik.

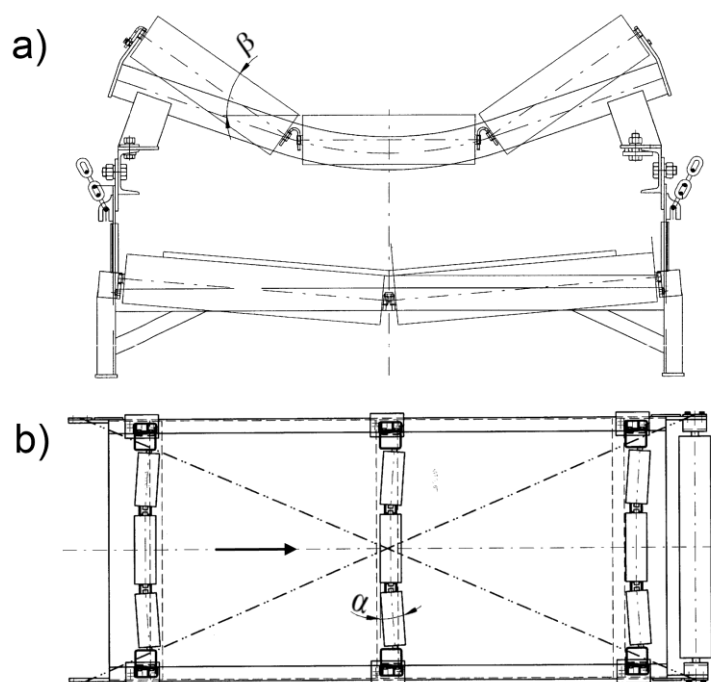
- Napínání závažím,
- napínání vrátkem,
- pneumatické napínání,
- hydraulické napínání.

2.4.4 Nosná konstrukce pásového dopravníku užívána v hlubinných dolech

Nosná konstrukce pásového dopravníku slouží jako nosič všech součástí, které jsou nezbytné pro jeho funkci a tvoří trať dopravníku [9]. Dopravníky využívané v hlubinných dolech můžeme rozdělit podle doby umístění na jednom místě.

- Stabilní dopravníky – slouží jako sběrné dopravníky,
- lehce přemístitelné dopravníky – slouží pro úsekovou dopravu.

Celá konstrukce je tvořena stojany, podélnými nosníky, válečkovými stolicemi a nosnými válečky. Stojany a podélné nosníky jsou ocelové profily tvaru U, L nebo kruhové profily. Válečkové stolice jsou osazeny nosnými válečky. V důlní dopravě se používá jen jeden typu uspořádání válečků. Používají se tři válečkové tratě zajišťující nejlepší dopravní průřez, trať je znázorněna na obr. 9 a). Úhel β , sklon bočních válečků, je 30° nebo 35° .



Obr. 9 Uspořádání tratě pásového dopravníku

Uspořádání válečků ve spodní větvi je tvořeno jedním válečkem, obr 9 b) nebo dvěma válečky na obr 9 a). Všechny válečky jsou zpravidla uspořádány do šípového tvaru pro lepší vedení pásu, jak můžeme vidět na obr 9 b). Nevýhodou je vyšší opotřebení pásu.

Konstrukce stabilních dopravníků je robustnější a jsou využívány širší pásy [3]. Všechny spoje jsou realizovány šrouby. Trať funguje na jednom místě až do konce životnosti. Sběrný dopravník je ustaven na počvě a stojany jsou ukotvené šrouby k betonovým patkám nebo je celá dopravní trať zavěšena na obloukové výztuži. Pak na počvě spočívá pouze poháněcí stanice, napínací stanice, vratná stanice a podpěra výsypného bubnu.

Lehce přemístitelné úsekové dopravníky jsou přesouvány častěji a je nutno zajistit jejich snadnou manipulaci a přemístitelnost. U těchto dopravníků je nutno zajistit:

- snadnou montáž a demontáž,
- snadné přemisťování,
- snadná změna délky,
- přizpůsobivost změnám úklonů.

Úsekové dopravníky jsou nejčastěji letmo umístěny na počvě nebo jsou zavěšeny na výztuži. Hlavní zásadou je dodržení snadného rozebírání tratě. Proto je využíváno spojování klíny nebo jiného snadně rozebíratelného systému.

Pro umístění tratí pásových dopravníků platí v hlubinných dolech pravidla, která jsou určena Českým báňským úřadem ve vyhlášce č. 22/1989 Sb., v § 301. Vyhláška stanovuje vzdálenosti, v jakých se mohou umisťovat pásové dopravníky od výztuže nebo nejmenší povolenou vzdálenost dopravníku od stropu a nejnižší výšku nad počvou [12].

Válečky pásového dopravníku

U nosné větve je rozteč válečků menší, než je tomu u vratné větve dopravníku. Rozteč válečků nosné větve je 1500 mm pro šířku pásu menší než 1000 mm a 1250 mm pro větší šířku pásu. Rozteč mezi válečky vratné větve je 2 – 3 násobek rozteče větve nosné.

Standardně využívané průměry válečků jsou 89 mm, 108 mm a 133 mm. Délku válečků určuje šířka pásu a uspořádání válečků na nosné válečkové stoličce.

2.4.5 Dopravní pás

Dopravní pás je z hlediska funkce pásového dopravníku jeho nejdůležitějším elementem. Zajišťuje nosnou funkci pro dopravu materiálu a také funkci tažného prvku, který přenáší veškeré tažné síly a pohybové odpory. Dopravní pás je spojen v nekonečné smyčce. Jedná se obvykle o nejdražší součásti dopravníku a proto je zapotřebí správně pás využívat, aby byla zajištěna jeho dlouhá životnost.

Na dopravní pás v hlubinných dolech jsou kladeny požadavky, které můžeme shrnout do několika bodů [3]:

- minimální průtažnost,
- odolnost vůči dopravovanému materiálu,
- vysoká odolnost při namáhání ohybem,
- nehořlavost pásu.

Základní kostra pásu je textilní vložka, která přenáší tahová napětí. Vložka je kryta horní a dolní krycí vrstvou a bočními okraji. Textilních vložek je obvykle několik, aby byla zajištěna požadovaná pevnost pásu [1].

Šířky pásů jsou normalizovány. Pro pásové dopravníky v hlubinných dolech jsou využívány pásy o šířkách 800, 1000, 1200, 1400 a v současné době se pro zvýšení dopravního výkonu začínají používat šířky pásu 1600 mm.

2.4.6 Doplňkové pomocné a přídavné zařízení

Doplňková zařízení mají za úkol plnit další úkoly spojené se správným fungováním dopravníku a zajistit jeho bezproblémový a bezchybný chod.

Čističe pásu

Na dopravním páse je velmi často dopravován materiál vlhký a lepivý, který ulpívá na páse. Tyto nečistoty jsou poté přenášeny na bubny a válečky.

Znečišťování pásu může být:

- přímé – od kontaktu pásu s dopravovaným materiálem,
- nepřímé – od propadu materiálu na vratnou větev dopravníku spoji pásu.

Spolehlivého čištění pásu se dosahuje stěrači pásu. Stěrače se umísťují za výsypný buben, pro odstranění přímého znečištění a před vratný buben pro odstranění nepřímého znečištění.

Vynašeč propadu

Pod stěrači pásu se shromažďuje odstraněný materiál, především u bočních přesypů, kdy výsypný buben není nad dalším dopravníkem, proto jsou používány vynašeče propad.

Přechody pásového dopravníku

Přechody slouží pro snadné a bezpečné překonání pásového dopravníku za chodu.

Automatizační zařízení

Díky automatizaci je možno zlepšovat pracovní podmínky. Pomocí automatizace je možné zajistit vyšší bezpečnost a bezproblémový chod dopravníku [9].

Doprava osob

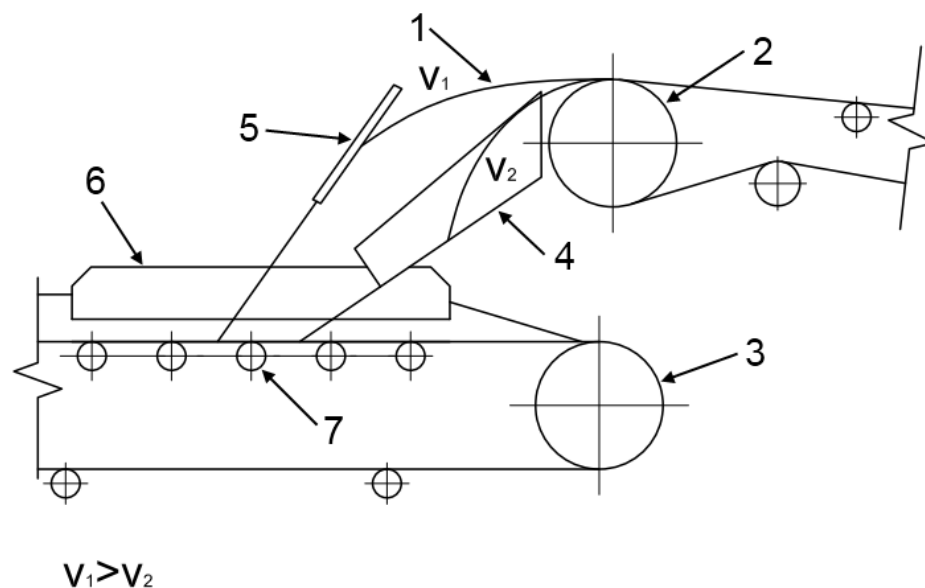
Pásové dopravníky v hlubinných dolech mohou být za určitých podmínek využity pro přepravu osob. Pro přepravu osob je nutné dopravník dovybavit přídatným zařízením pro přepravu osob.

Navíječ pásu

Jedná se o přídatné zařízení umožňující mít přímo pod dopravníkem zásobu pásu až 100 m. Díky tomu může být dopravník prodlužován nebo zkracován snadněji podle potřeby.

3 PŘESYPOVÉ ZAŘÍZENÍ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Přesypové zařízení je důležitým uzlem pro předávání materiálu z výsypaného bubnu končícího pásového dopravníku na následující dopravník v místě jejich styku. Přesypy zajišťují nepřetržitý a plynulý tok materiálu mezi jednotlivými dopravníky. Dopravníky mohou být mezi sebou v přímé poloze, kdy jsou dopravníky v jedné ose nebo osy dopravníků svírají úhel od 0° do 105° nebo jsou jejich osy rovnoběžné [3].



Obr. 10 Přímý přesyp

1 – proud těživa, 2 – výsypaný buben, 3 – vratný buben, 4 – skluz, 5 – odrazový štít, 6 – násypka, 7 – dopadová stolice

V místě předání materiálu mění těživo svůj směr, polohu a rychlost. Proto je energie padajícího materiálu často značná, a v důsledku toho je pás v místě přesypu namáhán nejvíce. Největšímu opotřebení je vystavena horní krycí vrstva pásu. Proto je nutno navrhovat přesypy s co nejmenší pádovou výškou tak, aby materiál byl přiváděn na pás pokud možno s rychlostí stejného směru následujícího dopravníku.

Základními částmi, které vedou, usměrňují a uklidňují materiál, zobrazené na obr. 10, jsou:

- přesyp,
- násypka,
- dopadová stolice.

3.1 Přesyp

Tvar přesypu se řídí dle polohy končícího a následujícího dopravníku. Proto lze přesypy rozdělit na:

- přímý přesyp – pro dopravníky s totožnou osou, obr. 10,
- boční přesyp – usměrňující dopravovaný materiál „do zatačky“,
- vybočený přesyp – pro dopravníky mající stejný směr.

Hlavními úkoly přesypu jsou:

- navedení materiálu do osy následujícího dopravníku,
- snížení rozdílů výšek dopravníků,
- snížení působení pádové energie vyplývající z rychlosti materiálu:
 - snížením rychlosti,
 - vytvořením správného směru rychlosti, nejlépe totožného se směrem rychlosti přebírajícího dopravníku, toto ovšem není možné, proto je snaha, aby rychlost nepůsobila kolmo na dopadovou stolicí
- zabránění rozsypávání materiálu.

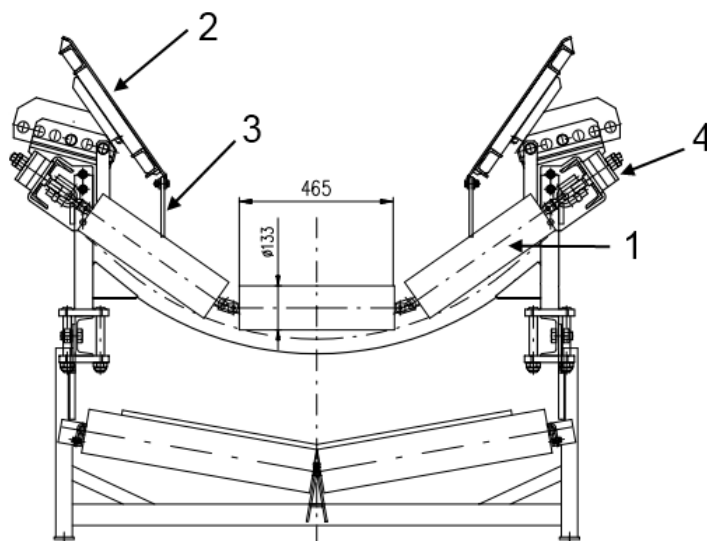
Přesypy se skládají ze žlabů nebo skluzů, které vedou materiál a také, pokud je rychlost dopravy vyšší (cca $v_d > 3,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), odrazové a tlumící štíty, které můžeme vidět na obr. 10. Tyto štíty zachytávají materiál, který může mít vysokou rychlost a my jej potřebujeme zpomalit a nasměrovat do potřebného místa a směru. Jako zachytávací prvek nemusí být využita pouze kovová deska. V důlních podmínkách je velmi často využíváno starých dopravních pásů, které po zavěšení splní daný úkol. Ovšem jako nejvhodnější řešení je užití tvarových tlumících štítů, které jsou vyduté a usměrňují tak proud do jednoho místa. Tlumící štíty by měly plnit [7]:

- tlumení kolmé složky na následující pás,
- netlumit složku rychlosti ve směru následujícího pásu,
- utlumení dynamických účinků,
- soustředění proudu materiálu do správného místa.

Hlavní funkcí skluzů je navést materiál na další dopravník nebo usměrnit materiál na bočním či vybočeném přesypu do správného směru. Další funkcí skluzů je eliminovat kolnou složku rychlosti a pokud možno jí převést na směr rychlosti následující dopravy a snížit pádovou energii, především pak větších kusů.

3.2 Násypka

Obvyklé technické řešení násypky je v celku snadné. Jedná se o plechy s dobrou otěruvzdorností postavené proti sobě v určitém úhlu, jak je vidět na obr. 11. Vzdálenost bočních plechů násypky je obvykle 0,6 – 0,7 násobek šířky pásu. Hlavním cílem násypek je, aby materiál správně padal na pás, snižovaly se síly, které působí na pás vlivem kolmé složky rychlosti přiváděného těživa. Dále násypka zabraňuje spadávání materiálu v místě přesypu. Plechy násypky jsou vybaveny v místě mezery mezi dopravním pásem těsněním zajišťujícím utěsnění proti přepadávání a vytlačování materiálu. Obvykle se jedná o kus dopravního pás, což ovšem není správné řešení vzhledem ke složení pásu a jeho obsahu tkaninové vložky. Vyhovující řešení je použití gumové vymezovací lišty vyrobené k tomuto účelu [7].



Obr. 11 Násypka a dopadová stolice

1 – girlandová dopadová stolice, 2 – boční plechy násypky, 3 – vymezovací těsnění, 4 – odpružení girland

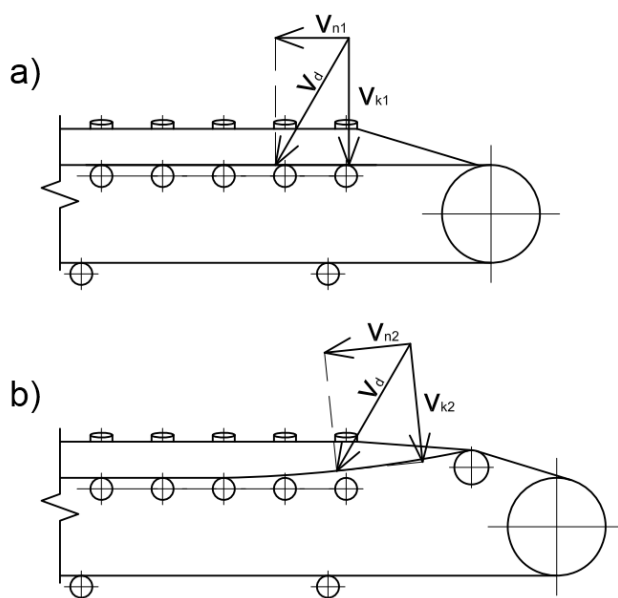
3.3 Dopadová stolice

Dopadové stolice je jedno z nejzatíženějších míst pásového dopravníku, protože musí zajistit [7]:

- urychlení těživa,
- zachycení a utlumení pádových energií,
- zklidnění toku materiálu,
- snížení opotřebení pásu.

3.3.1 Urychlení těživa

V důsledku změn směru pohybu a polohy materiálu nedojde ihned k jeho urychlení na rychlost následujícího dopravníku. Ke změně směru a velikosti rychlosti přiváděného materiálu je zapotřebí poměrně velká energie. Pokud je počáteční rychlost materiálu malá nebo je materiál dopravován dovrchně může k urychlení materiálu docházet značně zpomaleně, to se může projevit například závaly přesypu, přepadávání těživa, neuklidnění toku materiálu, opotřebení pásu. Veliký vliv na urychlování materiálu má sklon pásu. Pokud se použije u dopadové stolice úpadní sklon pásu, změní se poměr kolmé složky a normálové složky dopadové rychlosti. To částečně řeší problémy jak s urychlováním těživa, tak se také sníží kolmá složka rychlosti působící na dopadovou stolic. Na obr. 12 je znázorněné rozložení dopadové rychlosti na kolmou a normálovou složku. V případě a) je pás vede klasicky a v případě b) je pás nakloněn pod určitým úhlem.



v_d - dopadová rychlost
 v_n - rychlost ve směru dopravy
 v_k - kolmá složka rychlosti an
dopravní pás
 $v_{n1} < v_{n2}$; $v_{k1} > v_{k2}$

Obr. 12 Rozložení dopadové rychlosti na kolmou a normálovou složku vzhledem k pásu

3.3.2 Zachycení a utlumení pádových energií

Namáhání částí dopadu a vzniku průrazu pásu je ovlivněno pádovou energií, rázovou silou a odolností pásu proti průrazu [7].

Velikost pádové energie můžeme ovlivnit a snížit vhodnou konstrukcí přesypu. Snížení pádové energie můžeme například dosáhnout za pomoci:

- snížení pádové výšky,
- vedením a usměrněním dopadu těživa pod správným úhlem,
- využitím tuhých bočnic, které ochrání pás a boční válečky.

Rázová síla vzniká při dopadu materiálu na pás a působí velice krátce, ale velkou rázovou silou. Je prokázáno, že krátce působící síla (0,03-0,07s) je pohlcována dopadovou stolicí až při nebo po překonání svého maxima. Proto velikost působící rázové síly nezávisí na způsobu odpružení dopadové stolice, ale především závisí na deformačních schopnostech místa dopadu, poměru hmot padajícího kusu a dopadového místa [7]. Mezi řešení pro dopadovou stolicí patří diskové válečky nebo použití impaktních tyčí. Odpružení závěsu girlandových stolic především snižuje zátěž na pláště válečků, ložiska a závěsy.

Vzhledem k zátěži pásu v místě přesypu je zapotřebí dbát na jeho odolnost proti průrazu. Odolnost pásu můžeme zajistit použitím protiúrazových vložek a zesílením horní krycí vrstvy pásu.

3.3.3 Zklidnění toku materiálu

Vlivem dopravy kusovitého materiálu a použití vyšších rychlostí dopravy dochází k určitému zneklidnění toku materiálu. To zapříčiňuje rotaci větších kusů těživa a odpoutávání materiálu od dopravního pásu.

Rotace materiálu vzniká za působení třecí síly na kus materiálu v místě dotyku s pásem a jeho setrvační síly. Tyto dvě síly vytváří moment, který se zvětšuje se zvětšujícími se dopravovanými kusy a snižující se počáteční rychlostí dopadajícího materiálu. Vlivem rotace materiálu ho nelze urychlit.

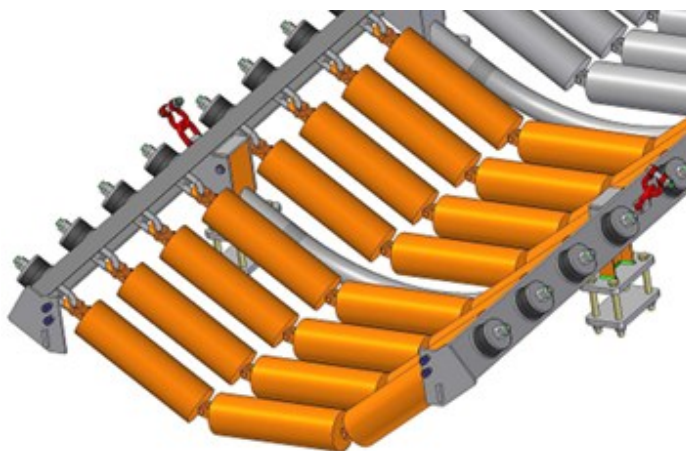
Výraznější odpoutání těživa od pásu se vyskytuje především při vyšších rychlostech dopravy. Rychlost dopravy pro odpoutání materiálu můžeme určit podle poloměru válečku r_v jako:

$$v_k > \sqrt{r_v \cdot g} \quad (1.1.)$$

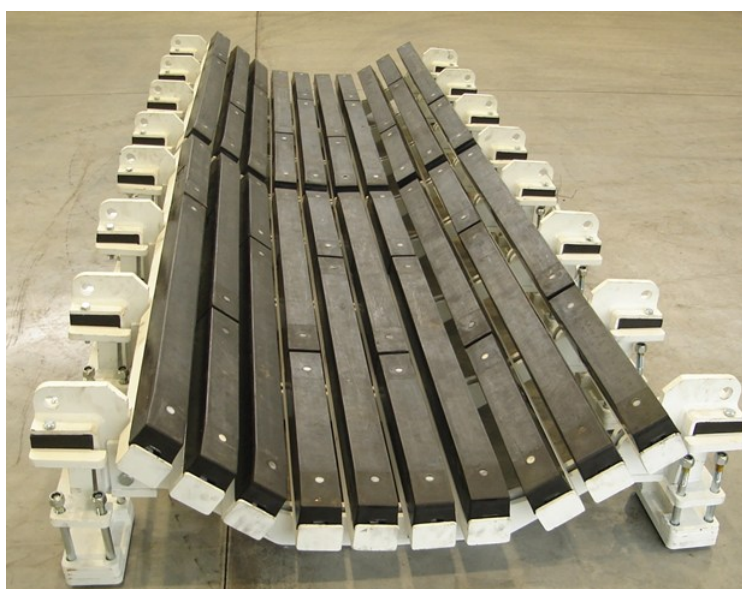
Výška odpoutání závisí na rozteči válečků, průměru válečků a průvěsu pásu [7].

3.3.4 Technické řešení dopadové stolice

Pro nejběžnější řešení dopadové stolice se používají válečky, které jsou umístěny blíže u sebe, než na trati. Obvyklá rozteč válečků na trati je 1,25 m – 1,5 m. Pro dopadové stolice je nejčastěji používaná rozteč v rozmezí od 0,35 m – 0,60 m. Používané válečky jsou pogumované nebo výhodněji kotoučové. Kotoučové válečky jsou schopny lépe pohlcovat potřebné množství energie. Uložení válečků musí být odpružené pro snížení působení sil na plášť válečku, ložiska a závěsy. Pro dobré odpružení válečků je výhodnější použít girlandové stolice, u které můžeme lépe zajistit odpružení. Použití pevného uložení kotoučových válečků na dopadovou stolicí není ojedinělé. Sestavení girlandové stolice můžeme vidět na obr. 13.



Obr. 13 Girlandová dopadová stolice [Zdroj: Ostroj a.s.]



Obr. 14 Dopadové lože s impaktními tyčemi [Zdroj: Ostroj a.s.]

Výhodnější než používání válečků je využití impaktních tyčí na obr. 14. Impaktní tyče výrazně zlepšují hmotnostní poměr mezi dopadovou stolicí a dopadajícím materiálem a tím

lépe zachycují rázovou sílu. Zabraňují prohýbání pásu mezi válečky a tím i snižují možnost proražení pásu. Dále zabránění průhybu pásu umožňuje lepší a efektivnější utěsnění přesypu, protože impaktní tyče vytváří pro pás rovnou plochu a k té může přesněji doléhat těsnicí lišta. Protože při použití impaktních tyčí nedochází k odpoutávání těživa od pásu, v důsledku jeho přejezdu přes válečky, je také urychlování materiálu efektivnější. Použití impaktních tyčí v hlubinných dolech je poměrně nové řešení, ale je jím postupně realizováno více a více dopadových stolic a tam, kde je to zapotřebí jsou starší válečková provedení nahrazována impaktními tyčemi.

3.4 Komplikace přesypových zařízení

Hlavními problémy, které provází změnu polohy a rychlosti materiálu v přesypech pro jeho předávání na další dopravník a vytváří tak značné požadavky na konstrukční řešení přesypů, jsou [7]:

- nalepování materiálu a vznik závalů – především u lepivého a vlhkého materiálu,
- poškození dopravního pásu – průrazy a otěr krycí vrstvy:
 - od rázových sil,
 - od urychlování materiálu,
- poškození částí přesypu:
 - otěrem abrazivního materiálu,
 - silami vznikajícími při změně rychlosti a směru,
- zahlcování násypek:
 - většími kusy materiálu,
 - vlivem rotace materiálu,
 - vlivem pomalého urychlování materiálu,
- destrukce těživa:
 - vlivem pádu,
 - otěru a nárazy kusů o přesyp,
 - vnitřní tření těživa,
- přepadávání těživa přes okraje pásu, netěsnost násypek,
- vysoká prašnost:
 - vlivem vznosu rozmělněného materiálu od dopravy a usazeného materiálu s malou velikostí,
 - vlivem otěru částí materiálů a jejich drcení.

4 PRACH

Prach jsou částice rozmělněných tuhých látek. Mají takové rozměry, že je možné je zvířit a unášet poměrně malým a slabým proudem vzduchu nebo plynu. Zvířené prachové částice mají schopnost vznášet se ve vzduchu po určitou dobu a to i po skončení příčiny jejich zvíření. Prach spolu se vzdušinou vytváří dvoufázový disperzní systém. Volně vznášející se prachové částice jsou aerosoly. Usazený prach se označuje jako aerogel.

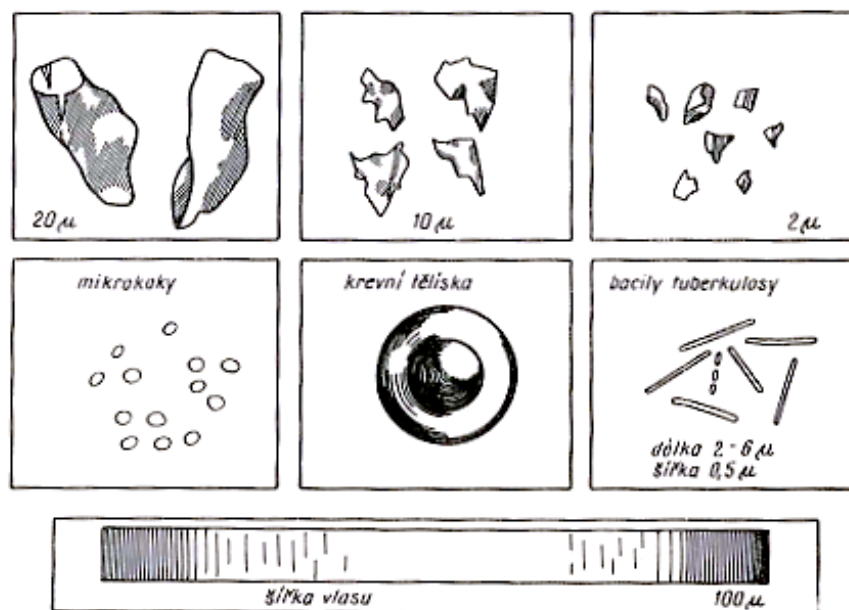
Přesnější definice prachu zní: *„Prach jsou malá částice tuhých látek, které po rozptýlení v klidovém disperzním systému (v klidném vzduchu) mají v něm podstatně menší pádovou rychlost, než odpovídá zákonům volného pádu tuhých těles, jejichž pádové zrychlení g se blíží hodnotě $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ “ [10].*

Vyhláška č. 22/1989 Sb. Českého báňského úřadu o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí v části páté Ochrana dolů proti výbuchu uhelného prachu, § 152 Zařazení dolů, kde definuje uhelný prach nebezpečný k výbuchu, zní takto: *„Uhelné doly jsou doly s nebezpečím výbuchu uhelného prachu. Za uhelný prach se z hlediska ochrany dolů proti jeho výbuchu pokládá uhelný prach o velikosti zrna do 1 milimetru.“*

V praxi, kde se téměř nikdy nejedná o klidné disperzní systémy, mají značný vliv na pádovou rychlost částic kromě její velikosti další vlivy:

- viskozita disperzního prostředí,
- ionizace,
- elektrické vlivy,
- obaly plynů na prachových částicích,...

Souhrnně nelze určit, do jaké velikosti částice se jedná o prach. Protože schopnost zvíření a vznos prachu do vzduchu závisí na složení látky a její měrné hmotnosti. Ve vzduchu jsou obvykle schopny udržet se delší dobu částice menší než $30 \text{ } \mu\text{m}$, záleží však na dané látce. Například u uhelného prachu mohou být částice větší. Částice větší než $30 \text{ } \mu\text{m}$ se vznesou obvykle při silném proudění vzduchu nebo jiném silném iniciačním vlivu a ve vzduchu se udrží podstatně kratší dobu než menší částice [4]. Naproti tomu částice menší než $1 \text{ } \mu\text{m}$ se již vůbec neřídí zákony volného pádu a pohybují se v disperzním systému náhodně Brownovým pohybem, mohou tedy být unášeny prakticky v libovolných vzdálenostech [10]. Na obr. 15 můžeme vidět porovnání velikosti částice prachu se šířkou lidského vlasu, která je okolo $100 \text{ } \mu\text{m}$.



Obr. 15 Porovnání velikosti prachových částic [10]

4.1 Vznik a vlastnosti prachu

Prach vzniká především při drobení, rozmělnění a rozpadu tuhých látek. To je vyvoláno přírodními pochody fyzikálními, chemickými, biochemickými, vulkanickými a jinými. Nebo umělými procesy technické lidské činnosti.

4.1.1 Vznik prachu z pevných látek

Čím je hornina nebo daná látka pružnější nebo plastičtější, tím méně prachu při drcení vzniká. Jako příklad si můžeme uvést drcení gumy a skla. Guma nebude dávat téměř žádný prach, kdežto sklo můžeme rozdrtit na jemný prášek.

Pokud máme porovnávat dva nerosty, kde jeden je měkčí a druhý tvrdší, třeba jako vápenec a křemen, tak měkčí vápenec mnohem snáze a rychleji rozdrtíme na jemný prach než tomu je u tvrdého křemene. Měkčí horniny vytvářejí větší množství prachu, ale často s větším rozměrem prachových částí. Z tvrdých hornin vzniká málo prachu, ale je mnohdy daleko jemnější.

Na vznik prachu z hornin má také velký vliv jejich složení. Pokud jsou horniny složené z menších a jemnějších částic, například jako břidlice, dosáhneme jeho rozdrčení mnohem rychleji a snadněji. V tomto případě ovšem nemusí být prachová zrna tak jemná jako u tvrdších materiálů. Velikost prachových částí závisí také na stavbě nerostů. Pokud bychom ovšem v drcení materiálu pokračovali i po jeho rozpadu na původní zrna prach by se zjemňoval [4].

4.1.2 Vlastnosti prachu

Mezi vlastnosti prachu řadíme především:

- velikost částic,
- chemické složení,
- měrnou hmotnost,
- tvar částic,
- způsob vzniku.

Podle chemického složení můžeme prach rozdělit na organický prach (rostlinný, živočišný, syntetický) a anorganický prach (vápenný, cementový, křemenný, uhelný, kovový,...).

Dále můžeme prach zkoumat z hlediska tvaru jeho částic, smáčivosti pro možnost jeho eliminace postřikem, vlivu na živočišné a rostlinné organismy při jejich vystavení prachu, hořlavost a výbušnost z důvodu bezpečnosti a z hlediska dalších vlastností.

4.1.3 Vznik prachu v hlubinných dolech

V prostředí hlubinných černouhelných dolů se pochopitelně vyskytuje prach s převážným složením z černého uhlí. Další součástí prachu v dolech jsou prvky průvodních hornin, ve kterých se uhelní sloje nacházejí. Vzhledem k snadné drtitelnosti uhlí a velkému vývinu uhelného prachu je ovšem obsah jiných částic v prachu nižší.

Největší množství prachu se uvolňuje při dobývání uhelného pilíře, ražení chodeb a při drcení materiálu. Tyto zdroje prachu jsou především primárními zdroji prašnosti. Dalším významným přispěvatelem k prašnosti je nakládání a doprava těživa, především v přesypech pásových dopravníků. U vzniku prašnosti z těchto procesů lze říci, že se jedná jak o primární, tak sekundární zdroje prašnosti. Při nakládání se jednak materiál rozmělnuje dopadem a třením při nabírání a sypání a navíc je ještě rozvířován již vzniklý prach. V přesypech dopravníků vzniká primární prašnost z důvodu nárazů materiálu o skluzy, tlumící štíty a boční plechy násypek a dopad a urychlování na dopravním páse.

Sekundární prašnost při dopravě pásovými dopravníky je zapříčiněna částečným natřásáním materiálu na páse při přejezdu přes válečky dopravní tratě a jeho rozmělnováním, netěsnosti spojů pásů a propadem materiálu a především také důlními větry, které sfoukávají prach po celé délce dopravy. Nejvíce je pak rozvířován již vytvořený prach v místě přesypů, kde se dostává do volného prostoru a může být důlními větry libovolně rozfoukáván a roznášen. Rozvířovány v tomto případě mohou být i částice

podstatně větší než již bylo popsáno, přičemž se materiál, byť jemnější než 1 mm, dostává mimo dopravu a do vzduchu.

4.2 Prašnost a příčiny prašnosti

Prašnost vzniká rozptýlením nebo zviřením prachu do vzduchu a vytvořením disperzního systému, aerosolu, který se chová jako plyn.

Příčinu vzniku prašnosti můžeme dělit do dvou skupin.

- primární prašnost – prach vznikající všude tam, kde dochází ať již chtěně nebo nechtěně k drobení, rozměňování a rozpadu tuhých látek za současného rozvíření vzniklého prachu,
- sekundární prašnost – zde prach samotný nevzniká, ale je zviřován při dopravě, skladování nebo z usazeného prachu proudem vzduchu.

4.3 Účinky prachu a jeho nebezpečí

Účinky prachu v závislosti na jeho druhu, množství a koncentraci jsou téměř vždy nepříznivé a škodlivé. To v praxi znamená, že s výskytem prachu se také dostavuje celá řada problémů zdravotních, bezpečnostních i škodlivých vlivů pro stroje a techniku.

4.3.1 Hmotné škody

Škody způsobené přímo, jasně, zřetelně a měřitelně prachem, tedy primární škody, jsou rozpoznatelné jen stěží, protože jsou často malé. Vznikající následné škody se projeví pomaleji a nepřímo. Tyto následné poškození způsobené prachem jsou vždy větší a závažnější než škody způsobené primárním poškozením.

Škody způsobené prachem na strojích se projeví zřetelně a jasně poškozováním ložisek, vydíráním kluzných ploch hřídelů, nadměrným opotřebením čepů, kloubů, pístních kroužků, pístů a válců, převodů s ozubenými koly, poškozováním elektro vybavení především pak elektromotorů a mnoha dalšími závadami [10].

4.3.2 Snížení viditelnosti vlivem prachu

Výskyt prachu v ovzduší může výrazně snižovat viditelnost. To obzvláště platí pro prostředí hlubinných dolů, kde jsou i zhoršené světelné podmínky. Zhoršená viditelnost má vliv na bezpečnost a tím i na počet úrazů v takovémto prostředí. Zlepšením viditelnosti se nejenže sníží možnost úrazu díky lepšímu rozhledu, ale je také nižší pravděpodobnost poškození strojů z nepozornosti.

Na běžném denním světle můžeme vidět částice o velikosti i do 10 μm . Obzvláště v ostrém paprsku. V dolech, kde jsou zhoršené světelné podmínky, jsou viditelné částice zhruba do 100 μm . Pod běžným mikroskopem jsou pak vidět částice asi do 1 μm [4].

4.3.3 Nebezpečí vznícení a výbuchu uhelného prachu

Uhlí jako takové je hořlavé. Proto je zapotřebí věnovat výraznou pozornost zviřenému uhelnému prachu ve vzduchu, jako nebezpečné směsi, u které může snadno nastat výbuch při iniciaci teplotou nebo jiskrou.

Výbuch je velice nebezpečným jevem, ne jen v dolech, ale také na povrchu. Tlakové účinky boří stavební konstrukce, demolují technologie, zařízení a stroje. Při výbuchu není možný únik osob, protože se výbuch odehrává v řádech milisekund.

Pro vznik výbuch musí být splněny tři základní podmínky. Výbušná látka, tedy uhelný prach, musí být v dostatečné koncentraci v prostoru, což se v uhelných dolech může vyskytnout velice snadno. Je nutná přítomnost dostatečného množství oxidačního prostředku, tedy vzduchu a výbuch zažehne iniciační zdroj o dostatečné energii.

U většiny hořlavých prachů může v uzavřených prostorech s výškou stropu okolo 3 m vznikat prostředí s nebezpečím výbuchu při rozvíření souvislé vrstvy usazeného prachu již od 1 mm [11].

V hlubinných dolech je velice důležitá ochrana před výbuchem jak metanu, tak uhelného prachu. Zamezit výbuchu můžeme odstraněním iniciačních zdrojů nebo snížením koncentrace výbušné látky. Odstraňování iniciačních zdrojů v hlubinných dolech je samozřejmostí. Proto je potřeba snižovat koncentraci prachu částečně odvětráváním, zamezením vzniku prachu, zamezením rozvířování prachu.

Vyhláška Českého báňského úřadu č. 22/1989 Sb. určuje několik opatření pro zamezení vzniku výbuchu uhelného prachu. Nařizuje používání technických prostředků a opatření pro maximální omezení vzniku prachu a odstraňování prachu i vlhkého.

Pro zneškodňování uhelného prachu vyhláška určuje poprašování důlního díla inertním prachem. Pro poprašování mohou být používány vápenné prachy. Dále je pro eliminaci prachu možné použít smáčení vodou. Usazený prach musí být smáčen po celém obvodu a celé délce důlního díla [12].

Nebezpečí použití skrápění vodou tkví v možnosti oxidace vlhkého uhelného prachu, vývinu teploty v uhelném aerogelu a následné doutnání a vznícení usazeného prachu.

Záparu a následným požárům vlhkého prachu je zapotřebí předcházet odstraňováním uhelného prachu.

4.3.4 Vliv prachu na lidský organizmus

Prach a prašnost mají velice nepříznivý účinek na lidský organizmus. Jejich vliv působí na psychiku a náladu lidí, ale především pak velice škodlivým účinkem působí prach na pokožku, sliznice a dýchací orgány.

Prach podle účinku na organizmus můžeme rozdělit na jedovaté, radioaktivní, infekční, škodlivé, dráždivé, neškodné.

Nejzávažnější onemocnění vznikají vdechováním prachu. Pak vznikají onemocnění dýchacích cest a plic. Nejzávažnějším onemocněním jsou druhy pneumokoniózy. Pneumokonióza znamená zaprášení plic. Tyto onemocnění jsou neléčitelné, mají trvalé a vážné následky a končí předčasnou smrtí.

V černouhelných hlubinných dolech se vyskytují dva typy pneumokoniózy. Uhlíková pneumokonióza a silikóza. Uhlíková pneumokonióza vzniká vdechováním uhelného prachu, který se usazuje v plicích. Silikóza pak vzniká vdechováním oxidu křemičitého (SiO_2), který se při dobývání uhlí také vyskytuje. Oxid křemičitý je pro plíce a dýchací orgány mnohem nebezpečnější a pro vznik silikózy stačí daleko menší množství než prachu uhelného [10]. Stupeň nebezpečí vzniku pneumokoniózy a silikózy v závislosti na typu nerostu obsaženého v prachu je vidět z tabulky 3.

Tabulka 3 Nebezpečí prachu z různých nerostů [4]

Nerost	Stupeň nebezpečí prachu
křemen	1,0
živec	0,7
jíl	0,3
uhlí, ruda, uhličitany	0,1
vápenec	0,0

Lidské tělo je schopno čistit vdechovaný vzduch díky sliznicím a dalším dýchacím ústrojím, ale pouze do určitých rozměrů prachových částic. Proto jsou pro nás nejnebezpečnější částice o rozměrech $5\text{ }\mu\text{m}$ – $0,2\text{ }\mu\text{m}$. Částice menší než $0,2\text{ }\mu\text{m}$ jsou již natolik malé, že jsou odplaveny, rozpuštěny nebo proniknou pryč z plic tkáněmi. Malých

částic ve škodlivém rozmezí je vždy při měření množství prachu největší počet, protože množství prachu se měří v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ a malé částice jsou nejlehčí [4].

Usazený prach v plicích zablokovává a ničí plicní sklípky důležité pro vstřebávání kyslíku do krve a odvod oxidu uhličitého z těla. Při silikóze se tělo snaží odstranit prachové částice oxidu křemičitého. Není toho ovšem schopno a v plicích pak vznikají záněty, které způsobují uzlíky vazivových tkání. Příznaky pneumokoniózy jsou dušnost, suchý dráždivý kašel, nechutenství k jídlu, únava, bolesti na hrudi. Dále se při častých zánětech může objevovat zvýšená teplota či horečka [14].

Pneumokonióza je neléčitelná a je možné pouze potlačovat její příznaky. Pracovník zasažený touto nemocí je slabší, zadýchává se a nemůže podávat dostatečné pracovní výkony. Proto musí být přeřazen na snadnou práci a musíme zamezit jeho kontaktu s prašným prostředím. Při plném vypuknutí nemoci musí být vyřazen z činnosti. Takový to člověk má nemoc z povolání a není již schopen dále vykonávat žádné zaměstnání.

Hygienické normy a předpisy udávají, jaká maximální koncentrace prachu s fibrogenními vlastnostmi se na pracovišti může vyskytovat. Tyto hodnoty vybraných látek jsou zapsány v tabulce 4.

Tabulka 4 Přípustné množství látek prachu [8]

Látka	Přípustný limit [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] $\text{Fr}^{1)} = 100\%$
křemen	0,1
kristobalit	0,1
	pro $\text{Fr} > 5\%$
dinas	$10/\text{Fr}$
grafit	$10/\text{Fr}$
černouhelný prach	$10/\text{Fr}$
koks	$10/\text{Fr}$
horninové prachy	$10/\text{Fr}$

1) Fr = obsah fibrogenní složky v respirabilní frakci v procentech

4.4 Doba výskytu prachu ve vzduchu

Doba, po kterou je prach schopen udržet se ve vznosu, u malých prachových částic již tolik nezávisí na gravitaci a neřídí se přesně podle zákona o volném pádu. Čím je částice

menší, tím se doba jejího setrvání ve vzduchu prodlužuje. A má na to vliv velikost částice, měrná hmotnost částice, hustota a vlhkost vzduchu.

Částice větší než 100 μm jsou dostatečně těžké, aby odpor vzduchu příliš brzdil jejich pád. Dobu pádu proto můžeme spočítat jako

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \quad (1.2.)$$

h ... výška pádu částice

Pro částice menší než 100 μm je odpor vzduchu již nezanedbatelný a roste s rychlostí pádu. Takové malé částice zrychlují svůj pohyb až do určité meze, od které padají konstantní rychlostí.

Konečnou konstantní rychlost částic od 100 μm do 5 μm vypočítáme podle Stokesova-Cunninghamova zákona.

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot r^2 (\sigma - \rho_p)}{9 \cdot \eta} \cdot \left(1 + \frac{A \cdot \lambda}{r}\right) [4] \quad (1.3.)$$

r ... poloměr částice

η ... dynamická viskozita prostředí ... pro vzduch $\eta = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

σ ... měrná hmotnost částice ... pro černé uhlí $\sigma = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

ρ_p ... hustota prostředí ... pro vzduch $\rho_p = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

λ ... střední volná dráha molekul prostředí za daného tlaku a rozměrů

A ... konstanta

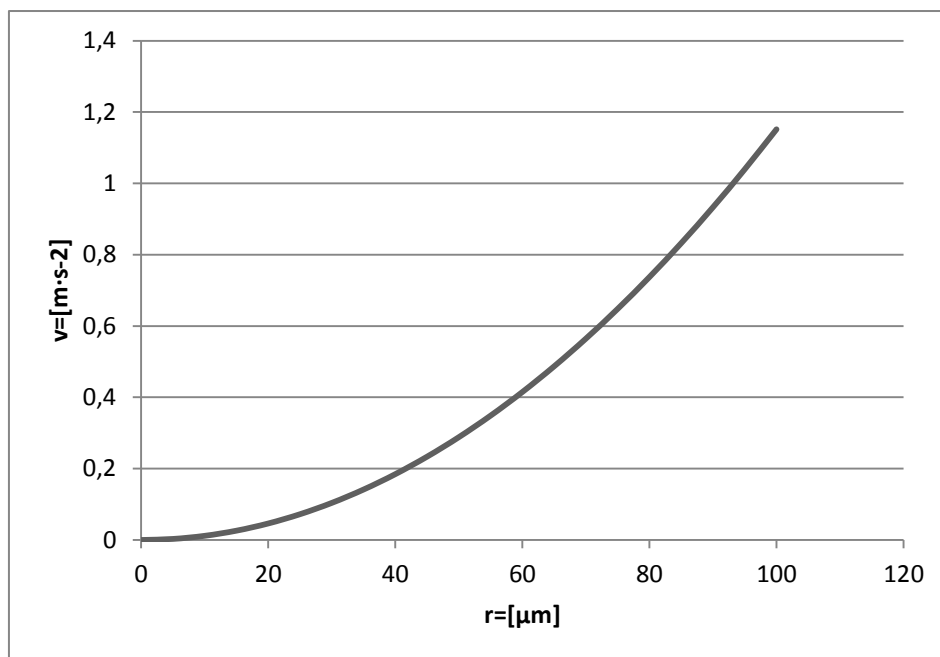
$A \cdot \lambda$... pro náš případ $A \cdot \lambda = 1,467 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ [4]

Po dosazení hodnot pro vzduch a černé uhlí dostaneme

$$\begin{aligned} v_p &= 1,15 \cdot 10^8 \cdot r^2 \cdot \left(1 + \frac{1,467 \cdot 10^{-7}}{r}\right) \\ &= 1,15 \cdot 10^8 \cdot r^2 + 16,87 \cdot r. \end{aligned} \quad (1.4.)$$

Z grafu 1 je jasné, že funkce je kvadratická a se zmenšujícími se rozměry částice klesá pomaleji.

Graf 1 Rychlost pádu částice v závislosti na její velikosti



Tyto výpočty rychlostí jsou pouze přibližné, protože do rychlosti pádu částic se následně promítají další vlivy jako unášení větry, přilnavost molekul plynu a podobně. Jak již bylo zmíněno v úvodu, částice menší než $1\ \mu\text{m}$ v podstatě okolními vlivy neklesají vůbec nebo jen značně pomalu a pohybují se v prostředí náhodným Brownovým pohybem. Částice menší než $0,1\ \mu\text{m}$ neklesají vůbec a již se chovají jako plyny, mohou se volně vznášet a jsou součástí vzduchu.

V následující tabulce 5 je porovnání, jak dlouho klesají částice, které jsou pro lidský organizmus nejnebezpečnější, ve velikosti $5\ \mu\text{m}$ až $0,5\ \mu\text{m}$ o $1\ \text{m}$. Vypočtené časy jsou jen přibližné a nezahrnují všechny vlivy, které na částice mohou působit, proto časy klesnutí částice o jeden metr mohou být výrazně delší nebo blížíci se k nekonečnu. Výpočet času klesání částice vychází z dřívějšího výpočtu rychlosti.

$$t = \frac{h}{v} \quad (1.5.)$$

Částice jsou dále unášeny důlními větry. To znamená, že prach může cestovat i mnoho kilometrů. A pochopitelně čím bude prachové zrno, menší tím bude jeho možnost doletu delší. Malé částice menší než $1\ \mu\text{m}$ prakticky doletí kamkoliv a nemusí se nikdy usadit. To se v praxi může zdát jako nevýhoda, ale spojíme-li tuto vlastnost s kvalitním a dobrým větráním dolu můžeme snížit riziko vdechování prachu a zajistit tak kvalitnější vzduch a méně nemocí.

Tabulka 5 Doba klesání částice o 1 m

Velikost částice	Rychlost částice	Doba klesání částice		
d=[μm]	v=[$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	h	min	s
0,5	0,0000114	24	21	20
1	0,0000372	7	28	12
2	0,0001319	2	6	23
3	0,0002841	0	58	40
4	0,0004937	0	33	45
5	0,0007609	0	21	54

4.5 Možnosti omezení prašnosti

Pokud chceme omezit nebo odstranit prašnost máme na výběr ze dvou cest. První cestou je zabránit vzniku prachu volbou vhodného materiálu a technologického postupu zpracování. To ale není vždy možné. Obzvláště při těžbě surovin je zabránění vzniku prachu prakticky nemožné. Druhou volbou pro omezení prašnosti je zabránění unikání již vzniklého prachu a jeho rozvíření do ovzduší. Prostředky pro omezování prašnosti jsou:

- smáčení prachu kapalinami,
- zapouzdření zdrojů prachu,
- odsávání prachu.

Hlavní zásady pro omezení prašnosti v hlubinných dolech a snižování zdravotních rizik spojených s vdechováním prachu jsou [4]:

- omezit prvotní vznik prachu,
- omezit vznik nejjemnějšího prachu pod $5 \mu\text{m}$,
- zamezit rozptýlení prachu do vzduchu,
- odstraňovat již rozptýlený prach ze vzduchu,
- zbylý prach rozředit velkým množstvím přiváděného čerstvého vzduchu,
- pro snížení účinků prachu na lidský organizmus snižovat námahu pracovníků a snížit tak vdechované množství vzduchu,
- pracovník má stát v čerstvém přicházejícím bezprašném vzduchu.

4.5.1 Odstraňování prachu smáčením kapalinami

Srážením prachu se rozumí smáčení prachu rozvířeného ve vzduchu kapalinou, kterou je obvykle voda, ale jsou i vhodnější kapaliny pro srážení prachu například vodné roztoky

smáčedel a jiné aktivační prostředky. Vždy je důležité srazit co nejmenším množstvím kapaliny co největší množství prachu ve vzduchu.

Sražení prachu z již vzniklého aerosolu je způsobeno pohlcením částic prachu kapičkami kapaliny, které mají větší hmotnost než prach a padají rychleji. Pro pohlcení částice kapalinou se musí srazit a částice musí překonat povrchové napětí kapaliny. Aby došlo k jistému sražení, musí být daný prostor kapalinou co nejvíce prostoupen. Toho dosáhneme rozptýlením kapaliny na co nejmenší kapičky, které se rozptýlí do prostoru [10].

Smáčení prachu se uplatňuje především v porubech, při ražení chodeb, u přesypů a výsypek. Voda v dolech má několik nepříjemných vlastností. Stéká následně na počvu a s prachem vytváří bahno, které zneprůjemňuje chůzi a práci, zvyšuje vlhkost v dole, při plošném postřiku chodby vodou je tato voda na obtíž pro pracovníky.

4.5.2 Zapouzdření zdrojů prachu

Provádět zapouzdření těsnými pouzdry v místech, kde je to možné a u strojů, které umožňují zapouzdření, je velice výhodné a zabráníme tak prachu unikat do prostoru. Zapouzdření může a nemusí být spojeno s odsáváním.

Platí, že dopravníky, drtiče, mlýny a jiné zdroje prachu, kde je to možné, by měly být pokud možno zapouzdřeny a zabraňovat tak v úniku prachu. Kryty a zapouzdření musí být dostatečně těsné a schopny bránit v unikání prachu. Proto je zapotřebí využívat nejrůznější těsnění.

Pokud je prach rozvířován větry je důležité dané místo opatřit krytem, to platí především pro tratě pásových dopravníků, které jsou často vystaveny důlním větrům, které snadno strhávají prachové části z pásu. Pokud není možnost zakrývat celé zařízení, je vhodné použít nástavbných plechů a protivzdušných ochran, které zabrání zbytečnému rozvířování prachu rychlými proudy vzduchu.

4.5.3 Odstranění prachu odsáváním

Odsávání je velice účinný prostředek k zabránění prašnosti. Odsátý prach je následně odlučován a zachycován ze vzduchu. Nosné médium prachu je vzduch nasávaný ventilátory z prašných míst. Rychlost odsávaného vzduchu musí být dostatečná pro strhávání a odsátí prachu z daného místa.

Účinné odprašování a ventilace jsou často velmi nákladné jak cenou pořízovací, tak provozní. Pro snížení nákladnosti musí odsávací zařízení splňovat požadavek strhávat maximální množství prachu minimálním množstvím vzduchu při malém rozdílu tlaku v sání

a výtlačku ventilátoru. Pokud zařízení pracuje s větším odsávaným množstvím vzduchu, než je zapotřebí, pracuje velmi neefektivně.

Pro dosažení maximálních účinků musíme volit vhodné umístění nasávacích nástavců a krytů, velikost a tvar nasávacích nástavců a krytů a rychlost a množství nasávaného vzduchu v místě strhávání prachu.

Pro odloučení prachu z nasátého vzduchu slouží odlučovače prachu. Principy odlučování prachu jsou:

- usazování,
- odstředování,
- praní,
- elektrostatické odlučování,
- filtrací.

4.5.4 Další způsoby snižování prašnosti

Ke zviřování prachu nedochází jen tam, kde je dopravován, upravován materiál. Prach se také dostává do vznosu z již usazeného prachu. Proto je neméně důležité odstraňovat již starý usazený prach. Například usazená vrstva prachu v hlubinných dolech na počvě, která již stačila vyschnout, je při každém průchodu opět rozvířena.

Usazený prach je nutno pravidelně odstraňovat. K odstranění prachu lze použít od běžně známé lopaty a smetáku až po kvalitní odsávací a nakládací zařízení.

5 KONCEPČNÍ NÁVRH UTĚSNĚNÍ PŘESYPOVÉ STOLICE

Zadáním práce je návrh přesypů důlních pásových dopravníků s cílem snížení prašnosti v prostoru přesypu. V práci se zabývám konkrétně utěsněním spodní části přesypu v místě dopadového lože.

Jak již bylo popsáno dříve, vznik prašnosti se vyskytuje ve dvou variantách. Primární prašnost, vytváření nového prachu a sekundární prašnost, zviřování již vzniklého prachu. U přesypů dochází k vývinu prašnosti obou typů. Primární prašnost v přesypu vzniká usměrňováním materiálu, jeho zpomalováním a vnitřním třením. Sekundární prašnost pak vzniká změnou rychlosti materiálu, změnou polohy a směru dopravy a důlními větry. Úkolem přesypu je usměrňovat materiál na následující dopravu, proto vzniku tohoto prachu zabránit nemůžeme.

V úvahu tedy připadá zamezení již vzniklé prašnosti. Pro zamezení úniku prachu do okolí lze zabránit metodami popsanými v předchozí kapitole.

5.1 Volba metody zamezení úniku prachu

Jako první vstupní úvahu pro řešení omezení prašnosti přesypu je výběr samotné metody eliminace prachu. Každá metoda má své výhody a nevýhody pro použití v hlubinných dolech. Proto následuje srovnání výhod a nevýhod technických řešení zamezení úniku prachu.

5.1.1 Možnosti použití skrápění kapalinami

Sražení prachu kapalinami je mnohdy značně účinné a výhodné. Obzvláště při skrápění prachu v menším uzavřeném prostoru. Nejúčinnějším prostředkem ke skrápění prachu jsou vodné roztoky smáčedel, které zlepšují schopnost vodních kapiček pohlcovat prachové částice. Proud kapaliny musí být dostatečně rozstříkovaný. Nejvíce prachových částic pohlcuje mlha. Při tvorbě mlhy, tedy rozstřiku na malé kapénky vody, pokryjeme maximální prostor s minimálním množstvím vody. Velkým problémem je následné stékání vody na počvu, kde se utváří bahno. Postřik kapalinami také zvyšuje vlhkost a způsobuje rychlejší korozi součástí.

Výhody

- snadné řešení a hlediska instalace,
- rychlé sražení prachu,
- možnost použití vody z důlního požárního vodovodu,

- lépe funguje v menším prostoru.

Nevýhody

- nutné dobré rozprášení kapaliny,
- zvyšuje vlhkost,
- voda neustále stéká na počvu a ztěžuje práci,
- rychlejší koroze součástí.

5.1.2 Možnosti utěsnění přesypu

Při utěsnění přesypu se efektivně zabrání úniku prachu do okolí a výrazně se sníží prašnost v místě přesypu. Utěsnění musí být navrženo tak, aby těsnění přesypu začínalo již před výsypným bubnem. Všechny části musí dokonale přiléhat a je vhodné použít správné těsnění, které nedovolí prachu unikat ani mezi nástavnými plechy a pásem. Ve směru toku materiálu je utěsnění přesypu opatřeno utěšňovací plentou

Výhody

- technicky snadné řešení,
- žádné pohyblivé části nebo komplikované systémy,
- omezení prašnosti suchou cestou,
- možnost připojení odsávání,
- variabilní uspořádání,
- téměř bezporuchové,
- dlouhá životnost,
- vysoká efektivita.

Nevýhody

- nutné dokonalé utěsnění,
- nutno přizpůsobit dopadovou stolicí,
- kontrola a čištění usazeného a nalepeného prachu,

5.1.3 Eliminace prachu odsáváním

Odsávání prachu je mnohem náročnější proces než předešlé uvedené. Je zapotřebí odsávací zařízení, odlučovací zařízení, kontrola a vyprazdňování odlučovacího zařízení. Pro odsávání může být využit například prostor vzniklý při utěsnění přesypu nebo může být odsávací místo nastaveno v prostoru přesypu, kde vzniká největší prašnost. Takovéto

odsávání není příliš účinné a nepohlít všechen prach. Pro odsávání je nejlepší zakrytí celého prostoru přesypu a zmenšení odsávaného prostoru.

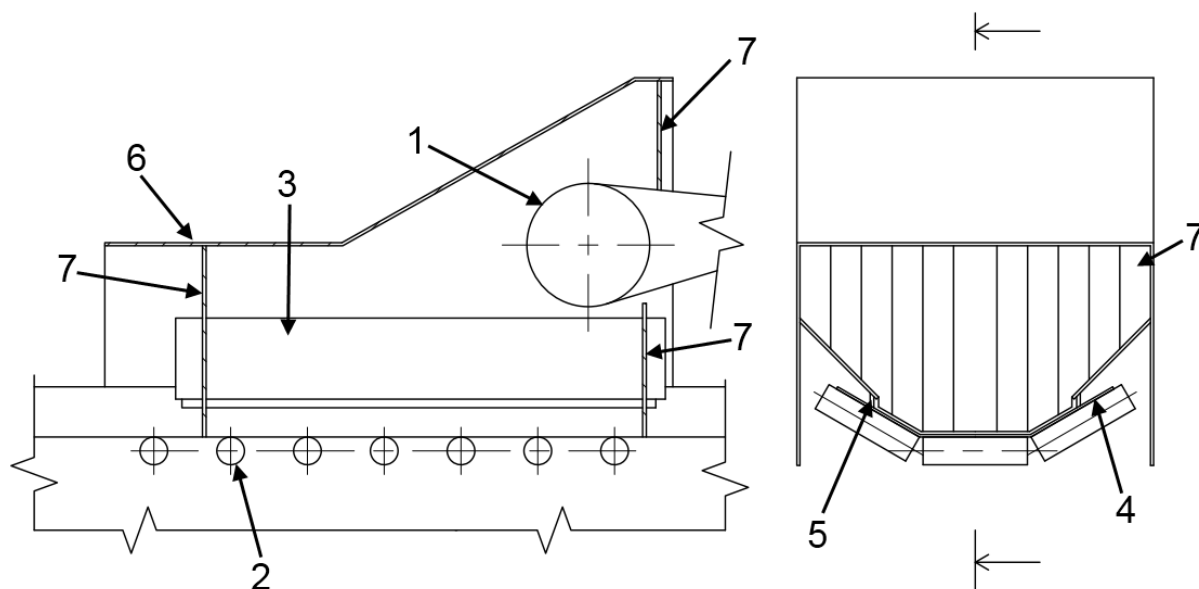
Výhody

- velice účinná eliminace prašnosti,
- suchý proces likvidace prachu,
- sběr prachu do jednoho místa.

Nevýhody

- technicky náročné řešení s mnoha zařízeními (odsávání, odlučovač),
- energeticky náročný,
- nutná kontrola a vyprazdňování odlučovače,
- pro návrh nutná znalost vzduchotechniky.

Po vyhodnocení všech kladů a záporů jednotlivých metody likvidace prašnosti přesypů v prostředí hlubinných dolů jsem dospěl k závěru, že nejvhodnější variantou je utěsnění prostoru přesypu. Schématické řešení je vyobrazeno na obr 16. Tato možnost je technicky nenáročná a v prostředí dolů je to dostačující řešení, které je schopno účinně omezit únik prachu, zabránit sfoukávání prachových částic důlními větry v místě přesypu a zamezit, tak nebezpečím spojeným s prašností.



Obr. 16 Utěsnění přesypu

1 – výsypný buben, 2 – dopadová stolička, 3 – nastavitelný boční dopadový plech, 4 – dopravní pás, 5 – těsnění mezi dopravním pásem a bočním plechem, 6 – kryt přesypu, 7 – plasty zabráňující úniku prachu

5.2 Dopadová stolice

Pro řádné utěsnění je zapotřebí využít správnou dopadovou stolicí. Válečková dopadová stolice je nevyhovující z důvodu nemožnosti utěsnit prostor mezi bočním nástavným plechem a dopravním pásem. Dopravní pás se mezi válečky prohýbá a dochází k vytlačování a přepadávání materiálu a úniku prachu, jak je vidět na obr 17.



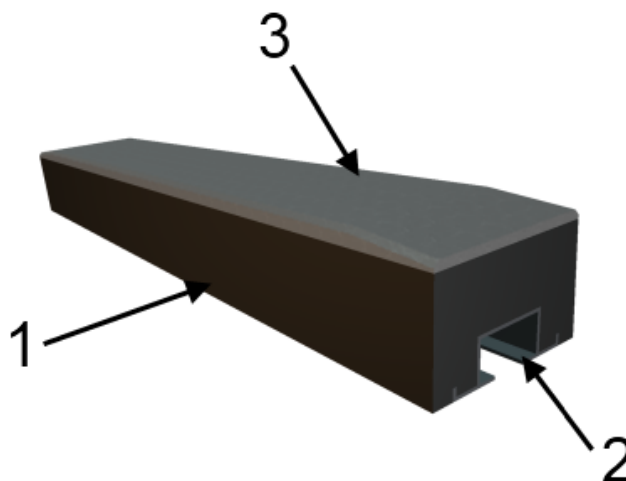
Obr. 17 Propad materiálu válečkové dopadové stolice [15]

Aby bylo možno stolicí správně utěsnit, musíme zajistit, aby se pás neprohýbal mezi válečky a těsnicí element správně doléhal na dopravní pás. Tyto podmínky splňují dopadové stolice sestavené z impaktních tyčí na obr 18.



Obr. 18 Dopadová stolice s impaktními tyčemi [15]

Impaktní tyče, obr. 19, jsou pryžové tyče používané pro dopadové stolice. V pryži je zavulkanizován hliníkový nebo ocelový profil pro uchycení tyče. Pro těžké podmínky, jako jsou například v hlubinných dolech, jsou využívány ocelové profily. Svrchní vrstva je opatřena otěruvzdorným plastem s nízkým koeficientem tření vůči dopravnímu pásu. Obvykle se jedná o polyethylen HDPE.



Obr. 19 Impaktní tyč

1 – pryžové tělo tyče, 2 – ocelový profil pro uchycení, 3 – polyethylenová HDPE horní vrstva

5.2.1 Těsnění dopadové stolice

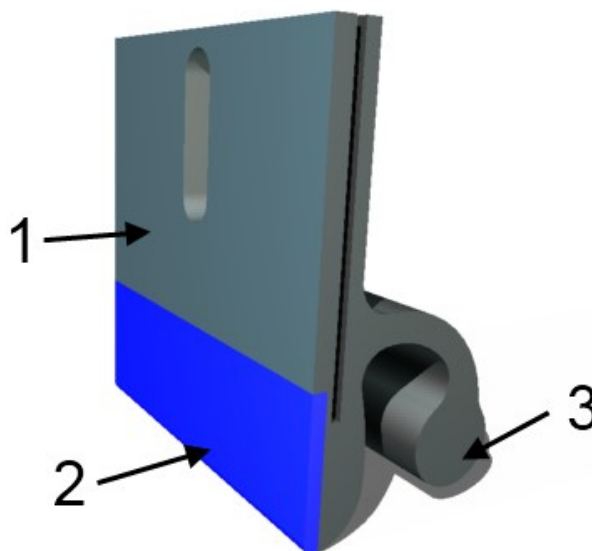
Utěsnění mezery mezi bočnicemi a dopravním pásem se zpravidla provádí pryžovým pásem. Toto těsnění není vhodné a má své velké nevýhody.

- Nedokáže zabránit úniku nejdrobnějšího prachu,
- obtížná výměna dlouhého těsnění,
- zvyšuje síly potřebné pro rozjezd dopravníku při zaplnění přesypu,
- opotřebovává nadměrně pás v důsledku vnikání částic mezi pryžový těsnící pás a dopravní pás,
- nedokáže dobře kopírovat dopravní pás.

Pro utěsnění mezery mezi dopadovou stolicí a bočními plechy je nejvhodnější použít dvojčinného těsnění s nosem, obr. 20. Toto těsnění svou krajní částí, která přichází do styku s materiálem na dopadové stolicí, zabrání vytlačování materiálu pod boční plech a úniku větších kusů. Nos těsnění, druhá část těsnění, zabraňuje úniku prachu a prachových částí. Těsnění je vyrobeno tak, aby se mohlo pohybovat ve vertikálním směru a kopírovat dopravní pás, který nezatížený běží nad impaktními tyčemi a po zatížení dosedne na dopadovou stolicí.

Tento systém těsnění má své nesporné výhody, k nimž patří:

- dlouhá životnost,
- dobré kopírování průhybů dopravního pásu,
- zabraňuje úniku materiálu a prachu,
- snadná vyměnitelnost,
- nezvyšuje opotřebení dopravního pásu.

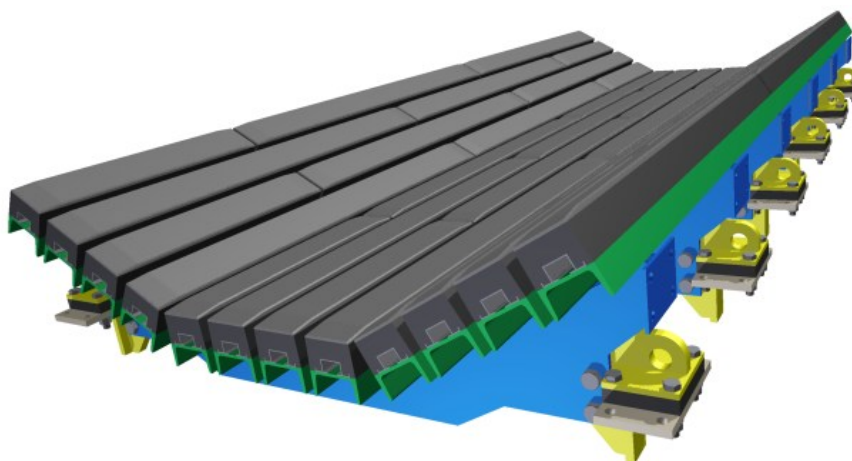


Obr. 20 Dvojčinné pryžové těsnění

1 – pryžové těleso, 2 – otěruvzdorný plast UHMW, 3 – nos doléhající na pás

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

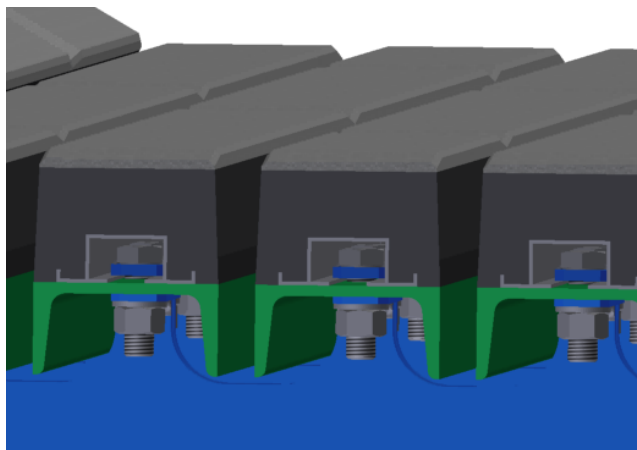
Z koncepčního návrhu vyplývá, že pro eliminaci prašnosti sem zvolil utěsnění přesypu. Pro dokonalé utěsnění, bez propadu materiálu, jsem zvolil, jako nejvhodnější variantu, dopadovou stolicí s impaktními tyčemi, na obr. 21. Mimo možnost snadno a bezchybně zavést těsnění stolice, se takto řešená dopadová stolice vyznačuje výrazným zvýšením ochrany pásu proti průrazu, prodloužením životnosti pásu a jeho opotřebení, snadnějším urychlováním těživa.



Obr. 21 Dopadová stolice s impaktními tyčemi

6.1 Dopadová stolice s impaktními tyčemi

Hlavním prvkem dopadové stolice jsou impaktní tyče, výkres DS-RK-01 položka 5,6, obr 19. Protože jsou v prostředí hlubinných dolů vystaveny vysoké zátěži, jsou tyto tyče uloženy na podpůrných nosnících, výkres DS-RK-01 položka 7, které celou dopadovou stolicí ztužují a podpírají tyče a zabraňují jejich poškození a prohnutí.



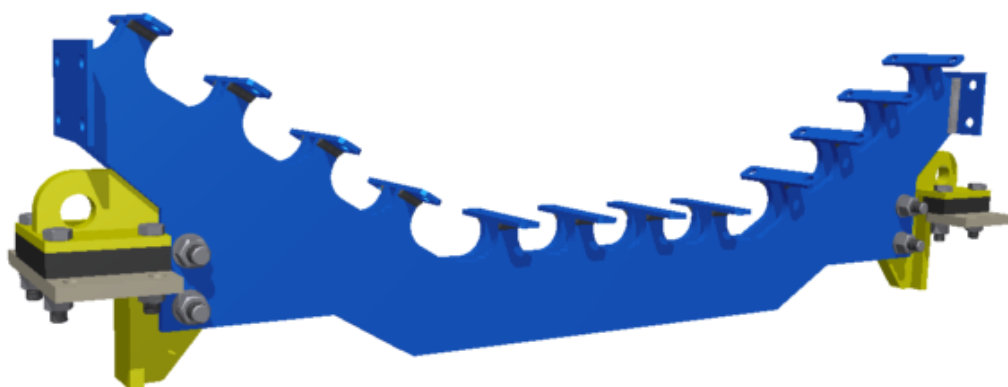
Obr. 22 Uchycení impaktních tyčí

Impaktní tyče s podpůrnými nosníky jsou k nosiči, výkres DS-RK-01 položka 1, uchyceny šroubovým spojem pomocí profilu zavulkanizovaného v tyči a patkám pro uchycení, obr. 23, s přivařenými šrouby. Uchycení tyčí je znatelné z obr. 22.



Obr. 23 Patka pro upevnění impaktní tyče

Nosič impaktních tyčí je svařenec sestavený ze dvou kusů ocelových plechů v daném tvaru, patek pod impaktní tyče a na krajích je pro utěsnění a zakrytování opatřen úchytnými přírubami. Tvar a sestavení svařence nosiče je vidět na obr. 24.

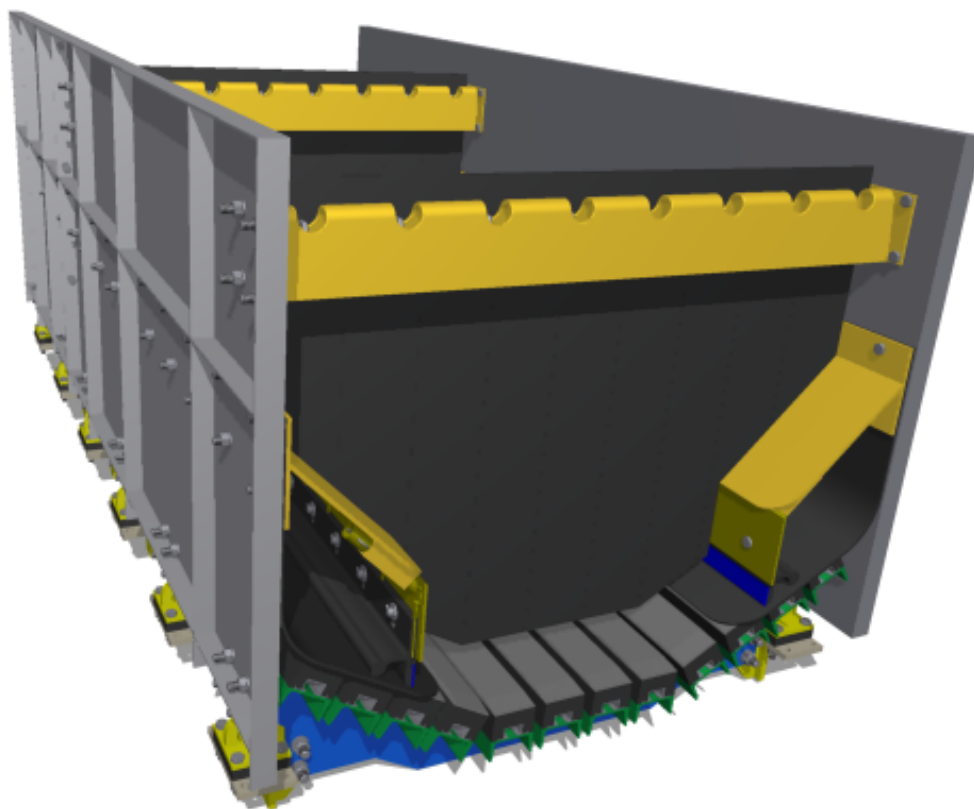


Obr. 24 Nosič

Jak je patrné již z obr. 24, nosič je k podélnému nosníku tratě dopravníku ukotven přes závěsy, výkres DS-RK-01 položka 2, na obr. 24 zobrazené žlutou barvou. Závěsy jsou k nosiči připojeny šrouby. Na podélný nosník tratě dopravníku je úchyt upevněn díky přírubám, výkres DS-RK-01 položka 4, svírajícím nosník. Mezi přírubami a závěsy jsou umístěna pružné pryžové podložky, výkres DS-RK-01 položka 3, a talířové pružiny pro odpružení a omezení přenášení rázů do spojek a nosníků dopadové stolice.

6.2 Zatěsnění dopadové stolice

Utěsnění a zakrytí dopadové stolice je realizováno krycími plechy, které slouží pro hlavní zakrytí dopadu a nesou další příslušenství. Celá krytá dopadová stolice je zobrazena na obr. 25. Výkres sestavy dopadové stolice je v příloze pod číslem DS-RK-01.



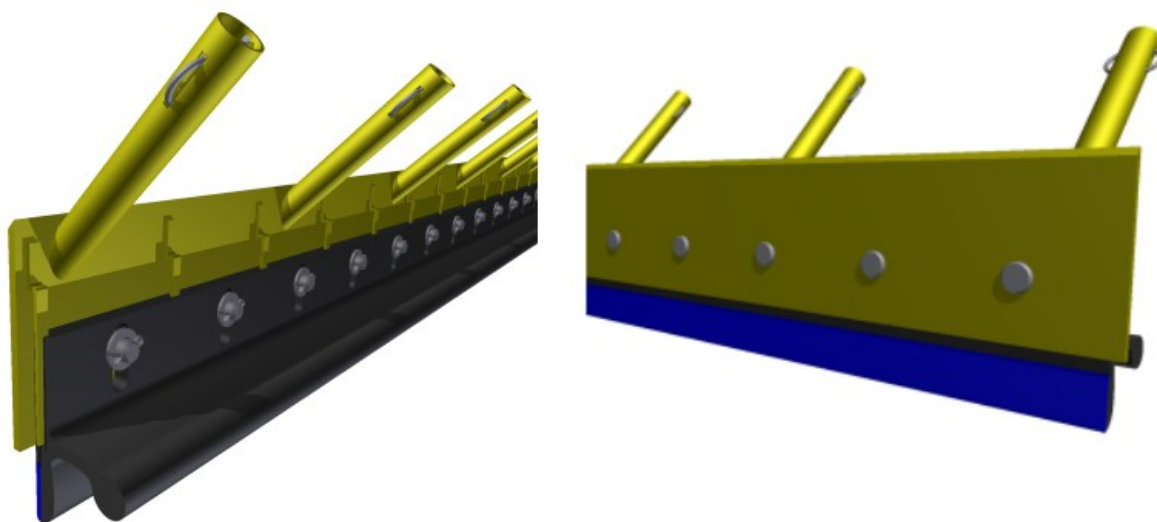
Obr. 25 Dopadová stolice s utěsněním

Krycí plechy, výkres DS-RK-01 položka 8,9, jsou šrouby uchyceny k nosičům a vyztuženy ztužujícími nosníky, výkres DS-RK-01 položka 10. Na výstužných nosnících jsou zavěšeny dvě plenty, výkres DS-RK-01 položka 15, které zabraňují úniku prachu ve směru dopravy. Plenty jsou seříznuté podle profilu tratě a bočních násypných plechů. Plenta je naříznuta vertikálními řezy tak, aby byla snadno ohebná a dopravovaný materiál tudy dobře a lehce procházel.

Boční násypné plechy, výkres DS-RK-01 položka 11, jsou připevněny šrouby ke krycím plechům. Plní funkci vedení materiálu do středu dopravního pásu, ochranu okrajů pásu a zamezení úniku materiálu do boků a mimo dopadovou stolic. Také slouží k uchycení bočního podélného těsnění. Mezi bočními plechy a krycími plechy jsou uchyceny dlouhé těsnící pásy, výkres DS-RK-01 položka 12, které jsou umístěny pod dopravním pásem a

zamezují propadu případně uniklého materiálu nebo jemného prachu mezi impaktními tyčemi mimo dopravník nebo na vratnou větev dopravníku.

K bočním plechům jsou připevněny již zmiňované boční podélné těsnění, výkres DS-RK-01 položka 14. Tyto dvojčinné těsnění jsou upevněny pomocí nosné lišty, výkres DS-RK-02, obr. 26, která umožňuje pohyb těsnění ve vertikálním směru. Lišta pro uchycení podélného těsnění navržena jako snadno odnímatelná, díky uchycení k bočním plechům pomocí trubek s vnitřními pružinami, výkres DS-RK-02 položka 3, zabraňujícími vyjetí nosiče těsnění ze svého uložení při prázdném dopadovém loži. Snadná odnímatelnost zajišťuje dobrou přístupnost k podélnému těsnění a jeho snadnou výměnu. Snadnou výměnu také zaručuje uchycení podélného těsnění pomocí čepu, výkres DS-RK-02 položka 4, se závlačnou, výkres DS-RK-02 položka 6.



Obr. 26 Podélné boční těsnění

Podélná těsnění zajišťují, že těživo nevyjíždí mimo dopravní pás a je správně vedeno. Těsnění také zachytává maximální množství prachu, který jinak uniká z dopadové stolice, díky volnému pohybu těsnění ve vertikálním směru, těsnícímu břítku těsnění, který vždy leží na páse a jeho možnosti přizpůsobení se poloze dopravního pásu.

6.3 Navazující krytí a alternativní řešení

Na krycí plechy dopadové stolice je nutno navázat další zakrytování, které musí začínat již před výsypným bubnem, aby eliminace prachu byla co nejúčinnější. Při ponechání krytí přesypu pásového dopravníku pouze ve stavu výše zobrazeném a zakresleném na výkrese DS-RK-01 se prašnost také sníží a to především díky zabránění sfoukávání prachu důlními větry, zabránění úniku materiálu z dopadové stolice způsobené průhybem pásu mezi válečky a nedokonalým utěsněním mezery mezi bočními plechy a pásem. Pozitivem použití

navrženého bočního těsnění i při nevyužití dalšího celkového krytí je pozitivní ovlivnění opotřebení dopravního pásu. Při nevyužití dalšího krytí již nebude zakrytování dokonalé a nelze zaručit tak vysokou účinnost eliminace prachu jako u celkového zakrytí.

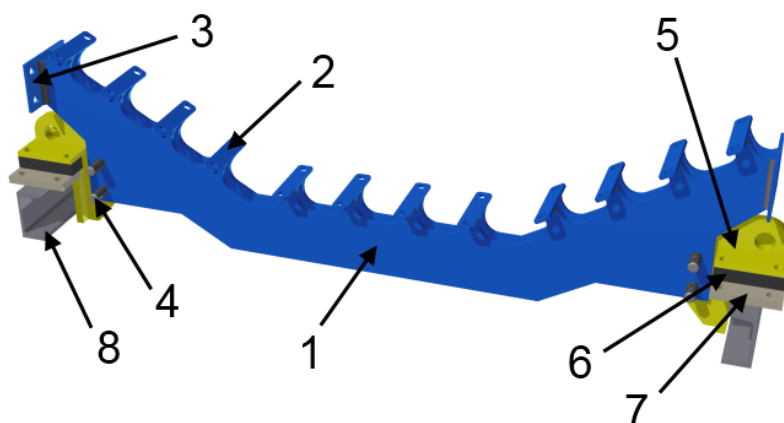
Alternativou ke krytí horní části přesypu by bylo možno využít smáčení prachu kapalinou. Tato alternativa by byla také dosti účinná v kombinaci s navrženým krytím. Obzvláště uvážíme-li, že ke skrápění máme již vyhrazen prostor menší a materiál se nemůže rozlétnout do širšího prostoru než vymezeného. Skrápěcí trysky by bylo možno snadno umístit na horní hranu krycích plechů. Použitím skrápění by se, oproti nepoužití žádného dalšího prostředku pro krytí horní části přesypu, prašnost výrazně zlepšila.

7 KONTROLA NAPĚTÍ V NOSIČI IMPAKTNÍCH TYČÍ

Pomocí metody konečných prvků v programu Autodesk Inventor Professional 2012 se pokusím určit, zda nosič impaktních tyčí bude vyhovovat zatěžujícím silám. Vzhledem k nutnosti zjednodušit model v co největší míře a praktické obtížnosti určení zatěžující síly působící od dopadové energie materiálu budou výsledné hodnoty značně nepřesné oproti realitě. Proto se pokusím simulaci zatížení nakonfigurovat tak, aby výsledek byl na naší straně bezpečnosti.

7.1 Zjednodušení modelu

Celý model přesypu na obr. 25 jsem zjednodušil na zatěžování jednoho nosiče na obr. 27. Na místo zatížení od tíhy vynechaných součástí a materiálu budou zavedeny ekvivalentní síly.



Obr. 27 Zjednodušený model nosiče

1 – nosič, 2 – patka pro uchycení impaktní tyče, 3 – úchyt krycích plechů, 4 – šrouby pro uchycení nosiče, 5 – závěs, 6 – pryžová podložka, 7 – horní příruba, 8 – nosník dopadové stolice

Ve zjednodušeném modelu jsou odstraněny všechny šrouby, kromě šroubů pro uchycení nosiče k závěsům, které budou dále použity pro vytvoření vazby mezi nosičem a úchytem. Naopak přidány jsou podpůrné nosníky, na kterých je umístěna dopadová stolice a ke kterým bude přidána pevná vazba. Vše ostatní nad nosičem je pro simulaci odstraněno.

7.2 Zatěžující síly

Tíhové síly působící impaktních tyčí a jejich nosičů jsou vypočteny pro celý úsek o délce 3108 mm a rozpočítány na jeden nosič. Na krajní dvě patky impaktních tyčí z obou stran působí jen tíha samotných tyčí a na zbylé patky pak působí tíhy tyčí s tíhou dopravovaného materiálu. Tíha nastavných plechů je také vypočtena na jeden nosič a působí v místě

uchycení na nosiči. Dynamická síla je pouze odhadnuta na 2000 N a je zavedena na všechny patky, kromě dvou krajních z obou stran, které jsou kryté bočními plechy.

7.2.1 Tíha impaktních tyčí s podpěrnými nosníky

Tíha jednoho článku impaktních tyčí na celé délce.

$$F_{1TC} = m_{TC} \cdot g \quad (1.6.)$$

$$m_{1TC} = 60 \text{ kg}$$

$$F_{1TC} = 589 \text{ N}$$

Tíha jednoho článku impaktních tyčí připadající na jeden nosič.

$$F_{T1} = \frac{F_{1TC}}{6} \quad (1.7.)$$

$$F_{T1} = 98,1 \text{ N}$$

Tíha připadající na 8 prostředních patek

Tíha působící od impaktních tyčí.

$$F_{T8} = 785 \text{ N}$$

Tíha materiálu připadající na jeden nosič.

$$F_{M1} = q \cdot L \cdot g \cdot \frac{1}{6} \quad (1.8.)$$

Měrná hmotnost dopravovaného materiálu při šířce pásu B=1200mm a dopravě černého uhlí.

$$q = 119 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$L_s = 3,108 \text{ m}$$

$$F_{M1} = 119 \cdot 3,108 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{6}$$

$$F_{M1} = 605 \text{ N}$$

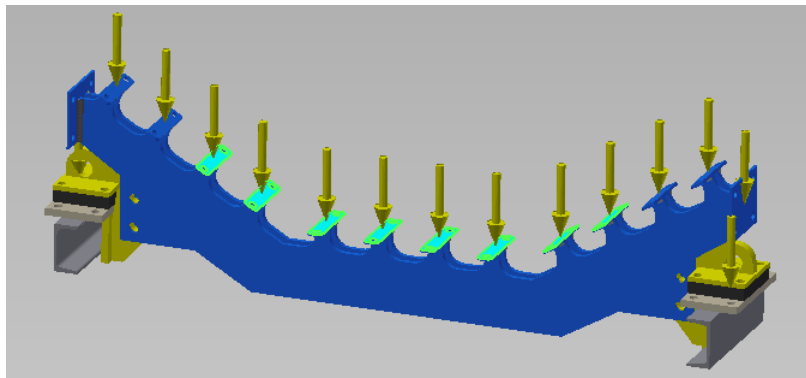
Maximální dynamická síla způsobena pádem materiálu.

$$F_D = 2000 \text{ N}$$

Síla působící na 8 středních patek nosiče, obr 28.

$$F_8 = F_{T8} + F_{M1} + F_D \quad (1.9.)$$

$$\underline{F_8 = 3374N \cong 3400N}$$



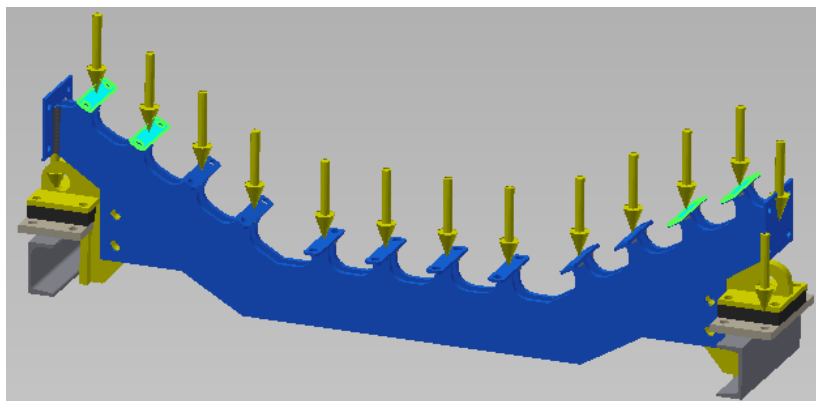
Obr. 28 Zatížení 8 středových patek

Síla působící na 4 krajní patky

Zavedení síly působící na nosič je znázorněno na obr. 29.

$$F_4 = F_{T1} \cdot 4 \quad (1.10.)$$

$$\underline{F_4 = 392,4N \cong 400N}$$



Obr. 29 Zatížení 4 krajních patek

7.2.2 Tíha působící na úchyt krycích plechů

Na boční úchyty působí tíha všech komponent, které jsou na krycí plechy připevněny.

$$m_p = 1186kg$$

$$F_{PC} = m_p \cdot g$$

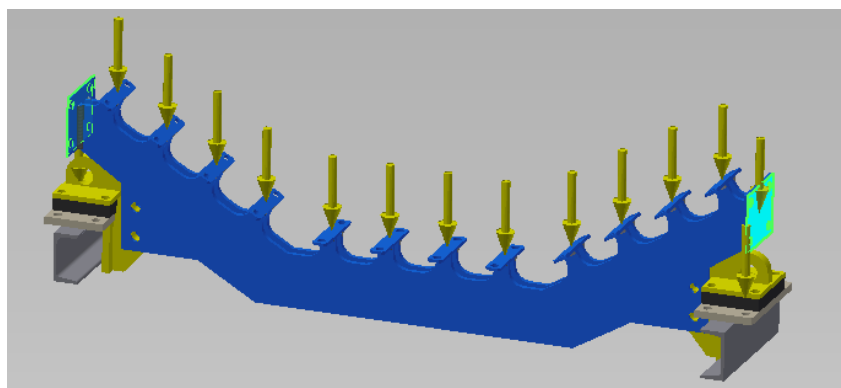
$$F_{PC} = 11635N$$

Tíha krycích plechů na jeden nosič:

$$F_{p1} = \frac{F_{PC}}{6} \quad (1.11.)$$

$$F_{p1} = 1939N \cong 2000N$$

Zavedení tíhy krycích plechů je znázorněno na obr. 30.



Obr. 30 Zavedení tíhy krycích plechů

Poslední zatěžující síla je vlastní tíha simulované konstrukce.

7.3 Materiál

Všechny materiály jsou ocel s výjimkou pryžové pružné podložky mezi úchytem nosiče a horní přírubou, která je v kontaktu s podpěrným nosníkem. Na obr. 27 má černou barvu.

7.4 Vazby

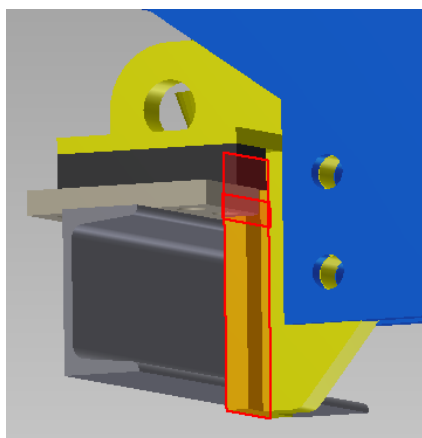
Pevná vazba je zavedena na spodních stranách podpěrných nosníků. Zavedení je znázorněno na obr. 31



Obr. 31 Zavedení pevné vazby

7.5 Dotyky

Pružný dotyk je zaveden ve styku uchycení nosiče a pryžové podložky o tuhosti 20 000 N/mm v normálovém i tangenciálním směru.



Obr. 32 Zavedení dotyků

Jako dotyk s posunutím bez oddělení je zaveden styk uchycení nosiče a pryžové podložky a horní příruby, viz obr. 32. Dále pak je takto zaveden dotyk mezi závěsem a nosičem.

Manuálně jsem zavedl dotyky mezi šrouby spojující nosič se závěsem a všemi otvory, tedy jak v závěsu, tak v nosiči, kterými šrouby procházejí.

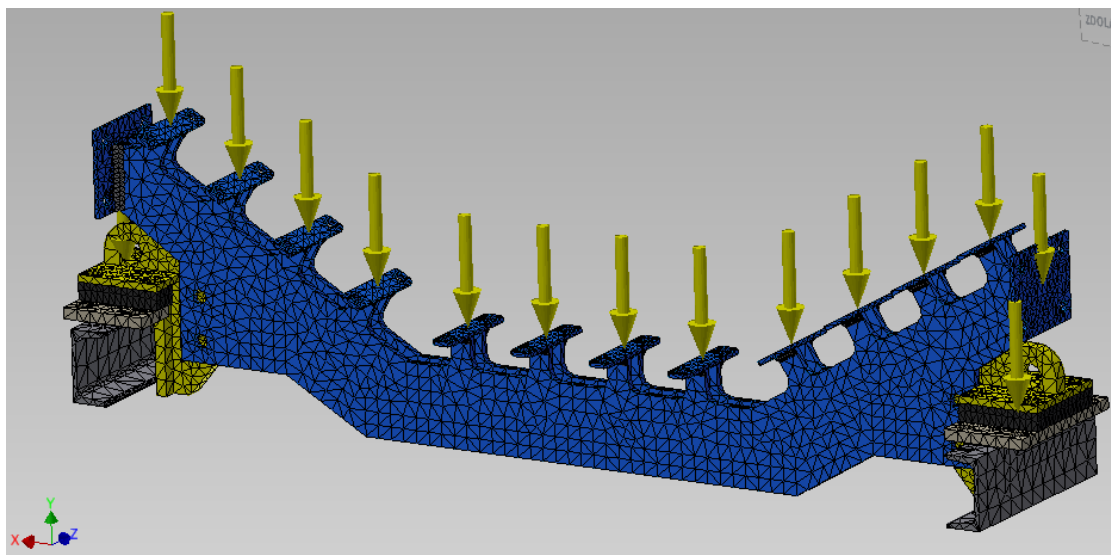
Zbylé dotyky jsou vedeny jako vázané.

7.6 Sít'

Sít' je nastavena na základní parametry. Zobrazení sítě na modelu je vidět na obr. 33. Parametry nastavení sítě jsou zapsány v tabulce 6.

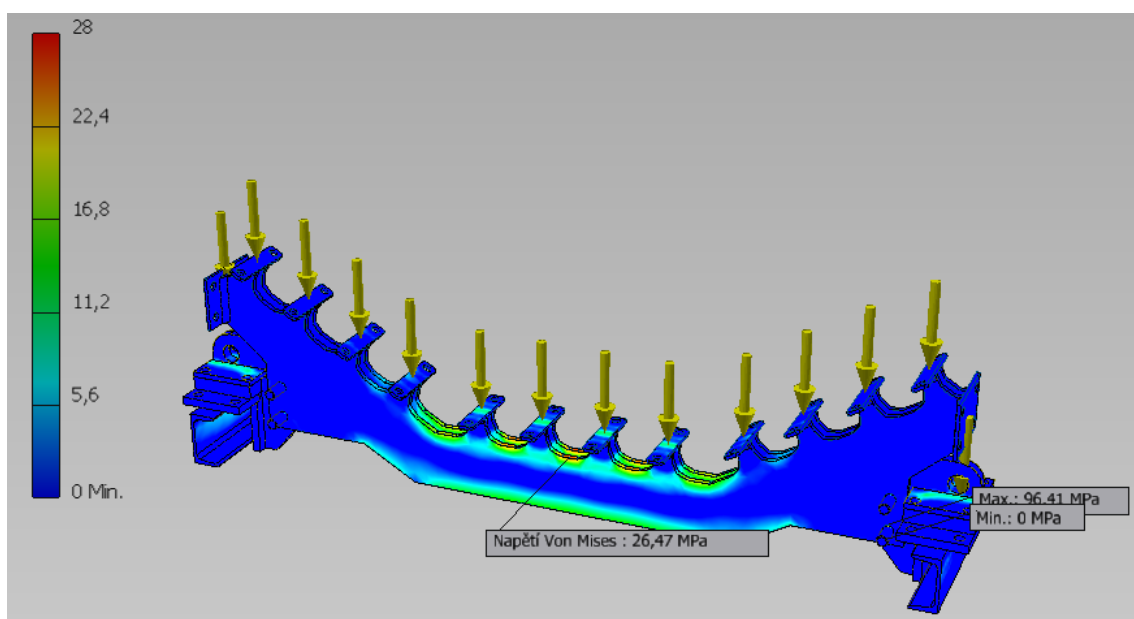
Tabulka 6 Parametry sítě

Prům. velikost prvku (zlomek průměru modelu)	0,1
Min. velikost prvku (zlomek prům. velikosti)	0,2
Součinitel zemních těles	1,5
Max. úhel pootočení	60°
Vytvořit zakřivené prvky sítě	Ne
Použít pro sít' sestavy měření založená na součástech	Ano



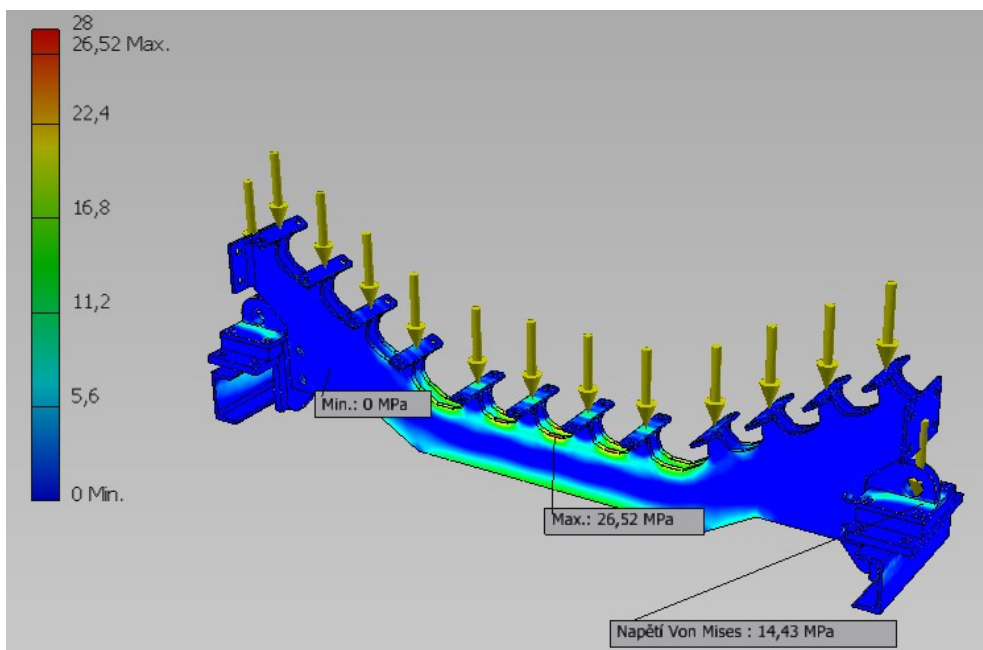
Obr. 33 Rozložení sítě

7.7 Výsledky simulace



Obr. 34 Výsledek simulace

Největší napětí vyšlo ve šroubu spojujícím nosič se závěsem, obr. 34. Protože jsem řešil napětí v nosiči a ne ve šroubech je výsledné maximální napětí znázorněno na obr. 35, kde jsou zneviditelněny šrouby a do výsledného zhodnocení napětí nejsou zahrnuty.

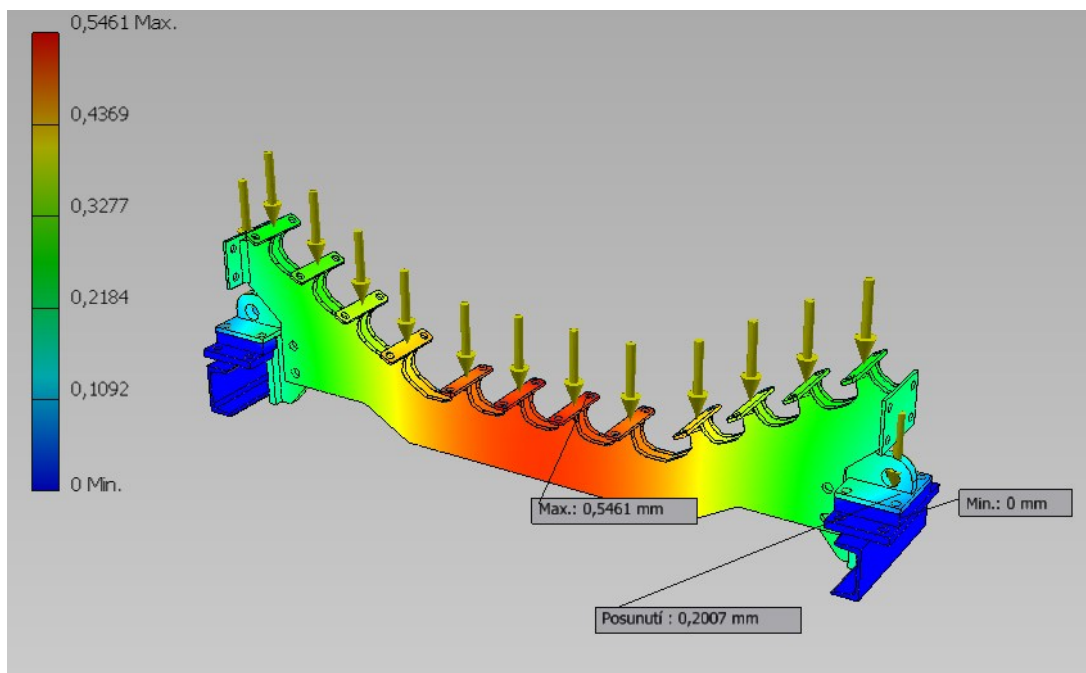


Obr. 35 Výslední napětí v nosiči

Nejvyšší napětí nosiče je ve střední části. Redukované napětí podle HMH má nejvyšší hodnotu 26,52 MPa. Nejméně zatěžované jsou krajní oblasti nosiče.

Nejvyšší napětí v závěsech dopadové stolice je podle simulace 14,43 MPa.

Výsledky posunutí je zobrazen na následujícím snímku obr. 36. Největší posunutí nastává ve středu nosiče.



Obr. 36 Výsledek posunutí

7.8 Výsledné hodnoty

Maximální redukované napětí podle HMH v nosiči je $\sigma_{HMH}=26,52$ MPa.

Největší průhyb nosiče je ve střední části 0,546 mm.

Mez kluzu pro ocel je minimálně $R_e=200$ MPa.

Koeficient bezpečnosti:

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{HMH}} \quad (1.12.)$$

$$k = \frac{200}{26,5} = 7,5$$

Napětí nepřesahuje mez kluzu materiálu. Koeficient bezpečnosti je 7,5. Materiál nosníku v místě největšího zatížení nebude porušen.

7.9 Vyhodnocení

Výsledné napětí není přesné. Vzhledem k vyjmutí jednoho nosiče z celé dopadové stolice. Celek dopadové stolice bude mít vyšší tuhost vlivem spojení jednotlivých nosičů podpůrnými nosníky pro impaktní tyče. Impaktní tyče také změní působící síly, protože jsou zhotoveny z pryže a jsou pružné. Působení sil bude také jiné při zaplnění pásu a dopadu materiálu na materiál již spadlý a pás. Celá konstrukce je doplněna o krycími plechy se vzpěrami. Ty celé konstrukci dopadové stolice dodají další tuhost. Dalším prvkem, který je v simulaci nedokonalý, je pevná vazba na spodní straně nosníku přímo pod uchycením nosiče. Tento nosník, pro uložení celé dopadové stolice, je podepřen ve čtyřech místech na jedné straně. Proto ve skutečnosti nastane také tady jistý průhyb nosníku.

Největší potíž je s určením síly působící od dopadu materiálu. Tato síla není jasně určená a je obtížnější ji stanovit. Proto se změnou této síly také nastane změna zatížení nosiče dopadové stolice.

Skutečné napětí jednoho nosiče impaktních tyčí bude nižší nebo stejné, pokud bude maximální dynamická síla ekvivalentní zvolené hodnotě. Proto výsledek simulace je na naší straně bezpečnosti. Pokud bude zatěžující síla vyšší, skutečné napětí v nosiči také vzroste. Jestli nosič vyššímu zatížení odolá, závisí na skutečné velikosti sil, tuhosti dopadové stolice a rozložení sil na jednotlivé prvky stolice. Pro zvolené a simulované parametry nosič vyhovuje s bezpečností 7,5 při zvolení minimální meze kluzu pro téměř nejnekvalitnější konstrukční oceli. Při použití kvalitnějšího materiálu bude bezpečnost daleko vyšší.

8 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout utěsnění přesypu pásového dopravníku v hlubinných dolech s cílem maximální eliminace prachu. V úvodních kapitolách jsem shrnul poznatky o pásových dopravnících využívaných v hlubinných dolech a jejich řešení, zpracoval jsem problematiku přesypů pásových dopravníků a zabýval jsem se také problémem prachu a prašnosti. Z těchto poznatků poté vychází koncepční a konstrukční návrh úpravy dopadové stolice s cílem omezit prašnost.

Jako nejvýhodnější a nejjednodušší prostředek pro boj s prachem u přesypu pásového dopravníku v hlubinném dole jsem vybral zakrytí a utěsnění daného místa. Utěsnění zabrání rozvířování prachu do vzduchu a zabrání tak působení škodlivých vlivů prachu.

Z několika variant řešení dopadové stolice jsem pro svůj návrh vybral dopadovou stolicí s impaktními tyčemi pro své nesporné mnohé výhody. Nejdůležitější vlastností dopadové stolice s impaktními tyčemi pro návrh utěsnění je vytvoření rovné vodící plochy pod dopravním pásem a zamezení jeho průhybům pro dokonalé utěsnění a zabránění propadu materiálu. Dále návrh zahrnuje krytí spodní části přesypu v okolí dopadové stolice. Jedním z nejdůležitějších prvků návrhu je dvojčinné podélné boční těsnění, které zabraňuje jak úniku hrubého materiálu, tak úniku jemného prachu do stran mezi bočními plechy a dopravním pásem. Tyto těsnění mají dobrou odolnost proti opotřebení, snadnou se vyměňují a velmi dobře těsní.

Utěsnění přesypu pásového dopravníku ve snaze zabránit úniku prachu je technicky nenáročné řešení a při správném navržení, provedení a kontrole jednotlivých částí během provozu můžeme dosáhnout velice dobrých výsledků snižování prašnosti. Zároveň při technické spolehlivosti a nezávislosti tohoto prostředku ke snižování prašnosti můžeme říci, že se jedná o výhodný způsob boje s prachem na přesypech pásových dopravníků v hlubinných dolech a ne jen tam.

9 LITERATURA

- [1] POLÁK, J. *Dopravní a manipulační zařízení II.* 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003, 104 s. ISBN 80-248-0493-X.
- [2] ČSN 26 0001. *Dopravní zařízení: Názvosloví a rozdělení.* 1987, 250 s.
- [3] POLÁK, J. - BICHLER, J. *Dopravní zařízení v hlubinných dolech.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1984, 381 s.
- [4] STOČES, B. *Důlní prach a silikóza.* 1. vyd. Praha: Práce, 1964, 615 s.
- [5] ZAJAC, O. - BOROŠKA, J. - GONDEK, H. *Hlbinné dobývacie stroje a dopravné zariadenia: Vysokošk. učeb. pre banícku fak., odbor Hlbinné dobývanie ložísk a nerastov.* 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1991, 428 s. ISBN 80-050-0713-2.
- [6] BOHÁČ, L. DvB-AF S.R.O. *Keramické obložení válců pásových dopravníků.* Opava, 2005.
- [7] KLIMECKÝ, O. - VEVERKOVÁ, H. – BAILOTTI, K. – MÜLLER, J. *Manipulace s materiálem: doprava v lomech.* 1. vyd. Ostrava, 1988, s. 187-206.
- [8] Česká republika. *Ochrana veřejného zdraví: hygienické a zdravotnické předpisy.* In: č. 258/2000 Sb. Ostrava: Repronis Ostrava, 2001.
- [9] FRIES, J. *Pásové dopravníky, bubny a jejich výpočet.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 189 s. ISBN 978-80-248-2080-4.
- [10] HAVELKA, M. *Prašnost v průmyslu: zejména hutním.* 1. vyd. Praha: Mír, 1960.
- [11] KULICH, M. – KELTOŠ, M. Centrum pro rozvoj výzkumu pokročilých řídicích a senzorických technologií. *Problematika nebezpečí výbuchu v návaznosti na požadavky a výběr elektroinstalace a ochranných systémů* [online]. Brno, 2011, 6.5. 2011 [cit. 14.4. 2013]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1105.pdf
- [12] Česká Republika. *VYHLÁŠKA Českého báňského úřadu: o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí.* In: 22/1989 Sb. 1989.
- [13] Flex-Lag® Weld-On™ Ceramic Pulley Lagging. FLEXCO. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: http://www.flexco.com/products/flex_lag_weld_on_lagging.html
- [14] Pneumokonióza (zaprášení plic). In: *Vitalia.cz* [online]. 2009 [cit. 24.4.2013]. Dostupné z: <http://www.vitalia.cz/katalog/nemoci/pneumokonioza/>
- [15] *Ramso-DvB* [online]. [cit. 29.4. 2013]. Dostupné z: <http://ramsodvb.com/>
- [16] SE-MI Technoloby a.s. *Pásové dopravníky: Převodovky pro těžké pásové dopravníky* [online]. 19.12.2012 [cit. 6.4.2013]. Dostupné z: <http://www.se-mi.cz/download/katalogy/CJ/CJ%20-%20Pasove%20dopravniky.pdf>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Pásový dopravník.....	11
Obr. 2 Poháněcí stanice [zdroj: Ostroj a.s.].....	14
Obr. 3 Převodovka PKO 100 AZ [zdroj: Ostroj a.s.].....	15
Obr. 4 Uspořádání poháněcích bubnů	16
Obr. 5 Poháněcí buben pro oboustranný pohon s úpravou povrchu drážkovanou pryží [zdroj: Ostroj a.s.]	17
Obr. 6 Poháněcí buben s keramickým obložením [13]	17
Obr. 7 Vratná stanice pevná	18
Obr. 8 Schémata napínání dopravníku.....	19
Obr. 9 Uspořádání tratě pásového dopravníku.....	20
Obr. 10 Přímý přesyp	24
Obr. 11 Násypka a dopadová stolice.....	26
Obr. 12 Rozložení dopadové rychlosti na kolmou a normálovou složku vzhledem k pásu	27
Obr. 13 Girlandová dopadová stolice [Zdroj: Ostroj a.s.]	29
Obr. 14 Dopadové lože s impaktními tyčemi [Zdroj: Ostroj a.s.]	29
Obr. 15 Porovnání velikosti prachových částic [10]	32
Obr. 16 Utěsnění přesypu	45
Obr. 17 Propad materiálu válečkové dopadové stolice [15].....	46
Obr. 18 Dopadová stolice s impaktními tyčemi [15].....	46
Obr. 19 Impaktní tyč.....	47
Obr. 20 Dvojčinné pryžové těsnění	48
Obr. 21 Dopadová stolice s impaktními tyčemi.....	49

Obr. 22 Uchycení impaktních tyčí	49
Obr. 23 Patka pro upevnění impaktní tyče	50
Obr. 24 Nosič.....	50
Obr. 25 Dopadová stolice s utěsněním	51
Obr. 26 Podélné boční těsnění.....	52
Obr. 27 Zjednodušený model nosiče.....	54
Obr. 28 Zatížení 8 středových patek	56
Obr. 29 Zatížení 4 krajních patek	56
Obr. 30 Zavedení tíhy krycích plechů.....	57
Obr. 31 Zavedení pevné vazby	57
Obr. 32 Zavedení dotyků.....	58
Obr. 33 Rozložení sítě	59
Obr. 34 Výsledek simulace	59
Obr. 35 Výslední napětí v nosiči.....	60
Obr. 36 Výsledek posunutí.....	60

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rychlosti dopravníků	15
Tabulka 2 Hodnoty součinitele tření [6,9]	17
Tabulka 3 Nebezpečí prachu z různých nerostů [4].....	36
Tabulka 4 Přípustné množství látek prachu [8].....	37
Tabulka 5 Doba klesání částice o 1 m.....	40
Tabulka 6 Parametry sítě.....	58

12 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Rychlost pádu částice v závislosti na její velikosti	39
---	----

13 SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE

Microsoft Word 2010

Microsoft Excel 2010

Autodesk Inventor Professional 2012

Autodesk AutoCAD 2012

Paint.NET v3.5.10

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Výkres DOPADOVÁ STOLICE	DS-RK-01
Příloha B	Výkres UCHYCENÍ TĚSNĚNÍ	DS-RK-02
Příloha C	Výkres DVOJČINNÉ TĚSNĚNÍ	DS-RK-03